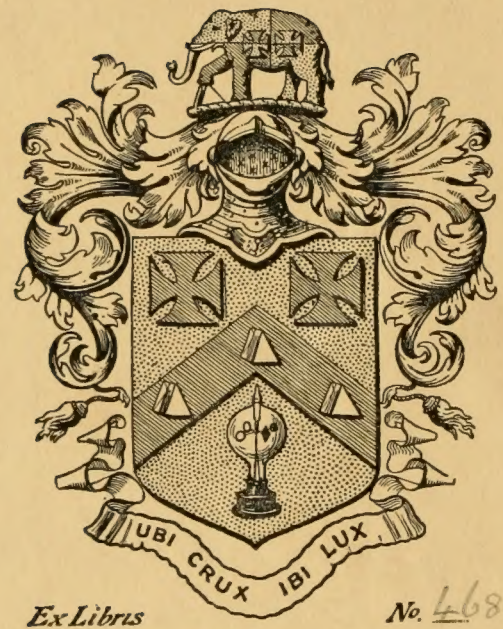


Ex Libris *No.* 468

SIR WILLIAM CROOKES, O.M., LL.D., F.R.S.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLE
LIBRARY
MASS.

Revue générale
des Sciences
pures et appliquées

TOME VINGT-SIXIÈME

Revue générale des Sciences pures et appliquées

PARAISSANT LE 15 ET LE 30 DE CHAQUE MOIS

FONDATEUR : **Louis OLIVIER**, DOCTEUR ÈS SCIENCES

Directeur : **J.-P. LANGLOIS**, Docteur ès Sciences, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.

COMITÉ DE RÉDACTION

MM. **Paul APPELL**, Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris; **E.-L. BOUVIER**, Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle; **E. DEMENGE**, Ingénieur civil; **E. GLEY**, Professeur au Collège de France; **Ch.-Ed. GUILLAUME**, Correspondant de l'Institut; **A. HALLER**, Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne; **E. HAUG**, Professeur à la Sorbonne; **L. MANGIN**, Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle; Vice-Amiral **PHILIBERT**; **Em. PICARD**, Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne.

Secrétaire de la Rédaction : LOUIS BRUNET.

TOME VINGT-SIXIÈME

1915

AVEC NOMBREUSES FIGURES ORIGINALES DANS LE TEXTE

PARIS

Octave DOIN et Fils, Editeurs

8, place de l'Odéon, 8.

—

1915

26e ANNÉE N° 1 15 JANVIER 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, Place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Institutions scientifiques.

Les effets de la guerre sur quelques institutions scientifiques internationales. — La guerre actuelle, avec ses opérations militaires et navales, et l'interruption ou la limitation des moyens de communication qui ont été la conséquence, a eu des répercussions fâcheuses sur le fonctionnement de plusieurs institutions internationales qui intéressent au plus haut point les progrès de la science. Notre confrère anglais *Nature*[1] en indique quelques-unes, ainsi que les moyens qui ont pu être employés dans un ou deux cas pour y remédier.

On connaît par exemple le rôle que joue le *Zentralstelle fur astronomische Telegramme*, de Kiel, qui, sous la direction du Prof. Kobold, éditeur des *Astronomische Nachrichten*, fait connaître rapidement à tous les observateurs du monde la nouvelle des découvertes astronomiques importantes. Ce bureau avait cessé de fonctionner depuis le commencement de la guerre, lorsqu'en novembre, à la suite d'un arrangement entre M. Kobold et lui, le Prof. E. Strömgren, directeur de l'Observatoire de l'Université de Copenhague, a fait savoir qu'il assumait la responsabilité de ce service. C'est à lui que doivent maintenant être adressées toutes les communications relatives au *Zentralstelle*.

Comme la *Revue* l'a déjà annoncé dans ses « Nouvelles météorologiques », les Services d'avertissement et de prévision du temps des divers pays ont éprouvé des perturbations par suite de l'interruption d'une partie des communications télégraphiques : c'est ainsi que dès le 2 août l'Office météorologique anglais suspendait la publication des cartes synoptiques du temps de l'Europe et de l'Atlantique nord, et le Bureau américain en faisait de même à partir du 6 août pour la carte météorologique de l'hémisphère nord. En France, le *Bulletin international* du Bureau central météorologique continuait à paraître, avec des indications réduites; mais, afin d'empêcher les ennemis de se servir de ces indications pour la prévision du temps à courte échéance, sa transmission est maintenant retardée, et les renseignements météorologiques, depuis le 27 octobre, ne sont plus communiqués qu'aux services officiels.

Un des moyens importants d'investigation de l'atmosphère supérieure est constitué par les ascensions internationales de ballons sondes, qui ont lieu chaque année dans un grand nombre de pays à des dates fixées à l'avance. Là aussi la guerre ne manquera pas d'apporter des perturbations, par suite de la difficulté de se procurer dans plusieurs contrées les petits ballons en caoutchouc et l'hydrogène nécessaire à leur gonflement. Les résultats des ascensions qui pourraient être faites ne seront en tout cas pas connus avant longtemps.

L'œuvre de l'Association sismologique internationale se trouve également entravée. La 5e réunion, qui devait avoir lieu en septembre à Petrograd sous la présidence du Prince Galitzine, n'a pu se tenir, et son Comité permanent, dont le siège est à Strasbourg, a dû sans doute interrompre son travail de centralisation et de classement des observations. Il en résultera un long délai dans la publication des prochains catalogues de tremblements de terre et probablement beaucoup d'imperfections dans la liste des secousses perceptibles. L'effet de la guerre sera moins sérieux sur l'enregistrement des observations sismologiques, car le réseau de stations établies dans les colonies britanniques et dans les pays alliés ou neutres couvre pratiquement le monde entier. La décision du Prof. Milne de maintenir l'organisation qu'il avait créée en dehors du contrôle de l'Association internationale aura donc ici un résultat heureux.

La fermeture de la mer du Nord et de la Baltique à la navigation et à la pêche portera un coup sensible aux recherches scientifiques internationales qui se poursuivent depuis une douzaine d'années dans ces mers sous l'inspiration du Conseil permanent international pour l'exploration de la mer, qui siège à Copenhague, et qui ont donné déjà des résultats si importants pour l'industrie des pêches. L'abandon du plan coordonné d'observations océanographiques, qui avait

[1] Tome XCIV, n° 2354, p. 402-403 (10 déc. 1914).

été le résultat de nombreuses années de négociations laborieuses entre les puissances riveraines de ces mers, constitue une grande perte pour la science.

Enfin, on doit signaler que l'avenir du « Catalogue international de Littérature scientifique », dont la Société Royale de Londres assume la publication, cause de graves soucis à cette institution. D'une part, la rédaction du prochain volume rencontrera un obstacle par suite de la difficulté de recenser les périodiques austro-allemands; d'autre part, les souscriptions annuelles de l'Allemagne, de l'Autriche, de la Hongrie, de la Belgique et de la Pologne ne seront sans doute pas versées jusqu'à la fin de la guerre, ce qui représente une perte annuelle de plus de 25 000 francs, sans compter la diminution de recettes provenant de la réduction de la vente. Le déficit retombera sur la Société Royale de Londres; elle aura mérité la reconnaissance des savants du monde entier en assurant la continuation de cet instrument précieux de travail qu'est le « Catalogue international ».

On pourrait développer des considérations analogues au sujet des « Tables annuelles de données et de constantes numériques de Chimie, de Physique et de Physico chimie », dont la publication des prochains volumes se heurtera à des obstacles encore plus grands.

Nous reviendrons ultérieurement sur d'autres côtés de cette question de l'organisation scientifique internationale en temps de guerre.

§ 2. — Nécrologie.

N. C. Dunér. — On annonce d'Upsal la mort, dans sa soixante-seizième année, du grand astronome suédois N. C. Dunér.

Après s'être engagé d'abord dans l'exploration géographique, par sa participation, en 1861 et en 1864, à l'exploration du Spitzberg par Nordenskjöld, il assista ensuite ce dernier dans la préparation de la carte de l'île, ce qui l'orienta vers l'Astronomie, à laquelle il se voua ensuite entièrement. Assistant, puis professeur à l'Université de Lund jusqu'en 1888, il devint plus tard professeur d'Astronomie à l'Université et directeur de l'Observatoire d'Upsal.

Ses recherches portent sur quatre domaines principaux.

Dès l'ouverture de l'Observatoire de Lund en 1867, il commença son grand travail sur les étoiles doubles, dont les résultats sont résumés dans ses « Mesures micrométriques d'étoiles doubles » (1876). Il consacra une grande partie de son temps au calcul des orbites des binaires et acquit la réputation d'un des meilleurs calculateurs de son époque.

Dans le domaine des étoiles variables, ses résultats ne furent pas moins importants. Il en découvrit un grand nombre et, dans deux cas, il parvint à élucider deux de ces systèmes stellaires — Y du Cygne et Z d'Hercule — qu'aucun œil humain n'a résolu ni ne résoudra jamais. « Y *Cygni*, dit-il, est composé de deux étoiles d'égal diamètre et d'égal éclat, qui se meuvent autour d'un centre commun de gravité suivant une orbite elliptique dont le grand axe est égal à 8 fois le rayon des étoiles. » Il mesura aussi la période de révolution et l'excentricité de l'orbite. Pour Z *Herculis*, il arriva à des résultats de même nature, l'une des deux étoiles étant deux fois plus brillante que l'autre. Dans cette « astronomie de l'invisible », Dunér est devenu célèbre.

La spectroscopie des étoiles doubles occupa Dunér de 1878 à 1884, époque où il publia son catalogue contenant la description détaillée de 352 étoiles avec spectre de bandes : 297 du 3e type de Secchi et 55 du 4e type. Pour lui, ces deux types d'étoiles représentent des étapes alternatives pour les étoiles solaires dans leur déclin vers des corps sombres.

Enfin, c'est vers 1888 que Dunér commença ses études classiques sur la rotation du Soleil. Il la mesurait au moyen du principe de Döppler : choisissant deux lignes du fer dans la portion rouge du spectre solaire, il comparait leurs positions avec une paire de lignes de l'oxygène, qui, dues à l'atmosphère terrestre, n'étaient pas affectées par la période de rotation du Soleil. Le déplacement des lignes solaires par rapport aux lignes telluriques indiquait une période de rotation de 25 1/2 jours de chaque côté de l'équateur solaire et — découverte insoupçonnée — de 38 1/2 jours au voisinage des pôles. Bien des théories ont été proposées pour l'explication de ce fait, qui reste toujours un problème à résoudre.

Il n'échut pas à Dunér de faire une découverte éclatante au cours de sa carrière, et son nom n'atteindra pas au niveau de ceux d'Huggins, de Schiaparelli ou de Vogel parmi les astronomes contemporains; mais il fut l'un des astronomes les plus capables de son époque, et sa série monumentale de recherches sur les étoiles doubles et variables et sur la spectroscopie solaire et stellaire conserve une valeur durable [1].

§ 3. — Industrie et Commerce.

Les conséquences industrielles et commerciales de la guerre. — Quelle que soit l'issue de la guerre à laquelle nous assistons, il n'est pas douteux que ses conséquences industrielles et commerciales ne soient profondes et durables. Un ingénieur et chimiste anglais, M. John B.-C. Kershaw, qui jouit d'une compétence indiscutée dans les questions économiques, a essayé de tracer le tableau de ces conséquences dans une série d'études dont la première vient d'être publiée par *The Engineering Magazine* [2]. Il nous paraît intéressant d'en donner ici un résumé, en complétant de quelques chiffres relatifs à la France les données de M. Kershaw, qui envisage surtout la position de l'Angleterre et des Etats-Unis.

L'auteur examine successivement les trois points suivants :

1° *Pertes et restrictions actuelles du commerce.* — Le commerce extérieur total (importation et exportation comprises) du Royaume-Uni en 1912 a été de 26.880 millions de francs environ (dont 43 °/₀ à l'exportation), sur lesquels les principaux pays actuellement en guerre entrent pour un quart à peu près, soit :

Allemagne.	2.548.870.000	francs.
France.	1.576.605.000	—
Russie.	1.243 865 000	—
Belgique.	839.155.000	—
Autriche-Hongrie. . . .	502.725.000	—
	6.711.220.000	francs.

Cette partie du commerce britannique, actuellement en danger, pourra se poursuivre partiellement, pendant la durée de la guerre, avec la France, la Russie et une plus ou moins grande partie de la Belgique, suivant le résultat des opérations; mais elle sera certainement très réduite, par le fait de la mobilisation de la plus grande partie de la population mâle dans ces pays.

A la fin de la guerre, quand les relations commerciales normales reprendront, le commerce avec les alliés reviendra sans doute à son niveau antérieur, et il le dépassera même, à cause des liens noués pendant la guerre. Cette augmentation pourra compenser en tout ou partie la diminution qui est à prévoir dans le commerce avec l'Allemagne et l'Autriche-Hongrie.

Le commerce extérieur total de la France en 1907 a été de 15.130 millions de francs environ (dont 48 °/₀ à l'exportation); les pays belligérants y ont contribué pour 36 °/₀ environ, soit :

Royaume-Uni	2.277.100.000	francs.
Belgique.	1.344.900 000	—
Allemagne.	1.307.400.000	—
Russie.	381.100.000	—
Autriche-Hongrie. . . .	132.300.000	—
	5.442.800.000	francs.

[1] *The Observatory*, t. XXVII, n° 481, p. 446-448.
[2] T. XLVIII, n° 3, p. 321-330 (déc. 1914).

Seul, le commerce de la France avec l'Angleterre subsiste en partie; il est à peu près complètement paralysé avec la Belgique et la Russie, et suspendu avec l'Allemagne et l'Autriche-Hongrie. On peut escompter, après le rétablissement de la paix, la reprise des relations normales avec les pays alliés, et même une augmentation sensible du commerce avec la Belgique et la Russie, qui viendra compenser la diminution des envois en Allemagne et en Autriche-Hongrie.

Les Etats-Unis, moins dépendants que l'Angleterre des autres pays pour les matières brutes de leurs industries, le sont davantage au point de vue du placement des marchandises finies. Leur commerce total en 1912 a été de 19.115 millions de francs (dont 57 °/₀ à l'exportation), sur lesquels les nations en guerre entrent pour 45 °/₀, soit :

Royaume-Uni	4.159.530.000	francs.
Allemagne.	2.374.375.000	—
France.	1.278.405.000	—
Belgique.	459.675.000	—
Russie.	223.575.000	—
Autriche-Hongrie. . . .	194.240.000	—
	8.689.800.000	francs.

On voit que le Royaume-Uni, l'Allemagne et la France accaparent environ 90 °/₀ du commerce des Etats-Unis avec l'Europe et 40 °/₀ du commerce des Etats-Unis avec le monde entier. La guerre aura donc une grande influence sur l'industrie américaine, le commerce avec l'Allemagne étant pratiquement interrompu par la domination de la flotte anglaise sur mer, et le commerce avec l'Angleterre et la France, quoique maintenu, devant être forcément réduit.

2° *Gains et développements.* — La guerre ne provoquera pas seulement des pertes et des restrictions dans le commerce, mais aussi des gains et des développements.

En premier lieu, l'agriculture et toutes les industries alimentaires bénéficieront d'une plus grande demande et de prix plus élevés, et il est certain qu'une plus grande quantité de terres seront mises en culture là où la main-d œuvre ne fera pas défaut.

Ensuite, toutes les industries qui touchent à la guerre : habillement, armements, instruments de chirurgie, médicaments, etc..., bénéficieront matériellement de la guerre.

Mais ce sont là des répercussions directes et locales. Quelques effets indirects et contingents seront infiniment plus importants. Le commerce d'exportation des objets manufacturés d'Allemagne s'est accru très rapidement en ces dernières années, et les industriels et commerçants anglais, français, américains, se sont trouvés ainsi en face d'une concurrence de plus en plus vive, à la fois sur leur propre marché et sur les autres marchés du monde.

En 1912, les exportations allemandes de produits manufacturés se sont élevées à 6.830 millions de francs, dont 3.866 millions pour les quatre branches principales du commerce : fer et acier, produits chimiques, machines, fils et tissus de coton. Il y a là un champ énorme, sur lequel les autres grands pays manufacturiers peuvent essayer de supplanter les marchandises allemandes.

Les principaux clients de l'Allemagne étaient jusqu'à présent, par ordre d'importance, le Royaume-Uni, l'Autriche-Hongrie, la Russie, les Etats-Unis, la France, les Pays Bas, la Suisse, la Belgique, l'Italie, puis les grandes républiques sud-américaines.

Il n'est pas douteux que la Grande-Bretagne et les Etats-Unis se trouvent actuellement les mieux placés pour prendre la situation de l'Allemagne sur leur propre marché et sur les marchés des autres pays, les industries de la France et de la Russie étant plus ou moins paralysées pendant la durée de la guerre par la mobilisation de la plus grande partie de leur personnel technique et ouvrier. Il y a cependant là pour nous une occasion magnifique de conquérir une position plus forte sur quelques marchés neutres du monde, en particulier dans le domaine des machines, des appareils électriques et des produits chimiques.

3° *La situation après la guerre.* — Plusieurs questions peuvent se poser au sujet de ce qui se passera après le rétablissement de la paix : Le commerce reprendra-t-il lentement ou rapidement ? L'Allemagne conservera-t-elle sa position prédominante dans la science et la technologie appliquée à l'industrie ? Le commerce reprendra-t-il ses anciennes voies ?

En ce qui concerne la première question, — à moins que la guerre ne se prolonge à l'excès, et que les nations engagées ne soient paralysées financièrement et physiquement par les pertes énormes qu'elles auront subies, — il est très probable que la reprise sera rapide et que l'industrie et le commerce européens montreront un essor remarquable. Cette opinion est basée sur une étude du commerce du Royaume-Uni depuis 1854, qui montre que les principales guerres de la seconde moitié du XIXe siècle ont coïncidé avec, ou ont été suivies par des périodes de commerce actif et en progression.

Le meilleur exemple, d'ailleurs, de relèvement rapide des effets d'une grande guerre, à une époque récente, nous est fourni par la Russie, qui, depuis la fin du conflit russo-japonais en 1905, a vu ses industries et son commerce se développer d'une façon merveilleuse. De 1905 à 1912, son commerce total a progressé de 4.340 millions à 6.816 millions.

Il en sera sans doute de même après la guerre actuelle pour la Russie et pour le Royaume-Uni, dont le vaste empire colonial fournira les hommes et les matières premières qui lui permettront de se relever rapidement des effets de la guerre dans laquelle il s'est engagé. La France, la Belgique, l'Allemagne et l'Autriche-Hongrie ne se relèveront que plus lentement et plus laborieusement, suivant les pertes qu'elles auront subies en hommes et en trésors matériels.

En ce qui concerne les répercussions de la guerre sur la future position de l'Allemagne sur les marchés du monde, il est peut-être prématuré d'en parler avec quelque certitude, mais les obstacles à l'œuvre scolaire et scientifique qui résulteront d'une guerre prolongée semblent devoir affecter sa prédominance dans certaines branches de l'industrie, spécialement celles qui dépendent des connaissances électrotechniques ou chimiques. Par contre, si la guerre se termine à brève échéance, l'Allemagne aura peu à souffrir de ce côté.

En ce qui concerne les voies commerciales, il est probable que les relations de commerce entre les Alliés seront renforcées par la guerre, et que le flux des échanges entre le Royaume Uni, la France, la Russie et la Belgique augmentera plutôt qu'il ne diminuera après la signature de la paix. La position de la Grande-Bretagne et des Etats-Unis sera renforcée sur les marchés neutres du monde, et de nouvelles voies commerciales seront ouvertes, tandis que de vieilles seront élargies avant que les nations européennes ne s'engagent de nouveau dans les arts et les industries de la paix.

Un seul point noir se montre à l'horizon : plusieurs branches de l'industrie qui devraient bénéficier de la guerre dans certains pays sont arrêtées par la fermeture de leurs sources habituelles d'approvisionnement en matières premières. Cette leçon servira à convaincre les industriels de l'imprudence qu'il y a à dépendre d'une seule contrée étrangère pour la fourniture des substances qu'ils travaillent.

§ 4. — Agronomie.

L'industrie sucrière française et la question des graines de betterave. — Une question de la plus haute gravité se pose pour l'industrie sucrière et pour les cultivateurs français : celle des ensemencements de betterave à sucre, en vue d'assurer la récolte de 1915.

Les ensemencements ne se font qu'au mois d'avril

et durent jusqu'au mois de juin. Il semblerait donc qu'on ait largement le temps de tout préparer, mais un fait donne aux préparatifs un caractère d'extrême urgence : la graine de betteraves manque, pour ainsi dire, absolument à nos agriculteurs.

Or, la production de cette graine constitue une industrie spéciale, localisée en France dans la région du Nord et pratiquée surtout en Allemagne et en Russie.

Avant la guerre, l'approvisionnement en graines (environ 5 millions de kilogs, nécessaires à l'ensemencement de 230.000 hectares) provenait : pour 7 dizièmes de l'Allemagne, pour 2 dizièmes de la Russie et pour un dixième seulement de notre propre territoire.

Or, actuellement le marché allemand nous est fermé. La source française est considérablement restreinte par l'occupation allemande. D'après les renseignements fournis au journal *Le Temps* par M. Anthony Thouret, de la Station agronomique de La Cappelle, les stocks de graines, dans la région de Lille-Orchies, doivent, selon toute vraisemblance, être anéantis. Depuis le 1er octobre, aucune nouvelle n'est parvenue des cultures de Cappelle, ni des maisons de commerce de cette région.

Reste donc, comme source principale d'approvisionnement, la Russie. M. Thouret affirme que le stock disponible y est considérable : le million de kilogs ordinairement prélevé par la culture française pourrait être porté à 20 millions.

Détail typique : au début de son organisation sucrière, la Russie achetait ses graines en Allemagne ; puis les Allemands vinrent s'installer dans les vallées du Dniester, dont ils avaient reconnu la fertilité extraordinaire. Dès lors, sachant que leurs propres graines de la Saxe commençaient à souffrir de la dégénérescence par surproduction, les principales maisons allemandes tentèrent de coloniser la Podolie et vendirent, comme graines de Saxe ou de Silésie, les produits du sol russe. Mais les Polonais finirent par se délivrer du joug allemand; instruits à notre Ecole de Grignon, ils savent appliquer, sur leur riche territoire, les méthodes de la sélection alternée.

Il faut donc envisager l'approvisionnement en Russie. Mais par quelle voie? Tel est le problème qui se pose et auquel il faut espérer qu'une solution prochaine sera donnée.

§ 5. — Anthropologie.

Existe-t-il un type physique du criminel ? — En 1903, le Dr Griffiths, médecin de la prison de Parkhurst, en Angleterre, eut l'idée de soumettre à des mesures précises un grand nombre de prisonniers afin de voir si ceux-ci s'écartent du type normal des non criminels, conformément aux hypothèses des différentes écoles de criminologie, spécialement de l'Ecole italienne. Ces mesures, complétées par son successeur, le Dr Goring, et calculées par les méthodes statistiques en usage au Laboratoire de Biométrique de l'Université de Londres, ont fourni des résultats intéressants[1].

L'étude du type physique du criminel est fondée sur le résultat de l'examen des caractères physiques. Un caractère en relation avec la criminalité doit varier selon la nature du crime commis, et la comparaison des tables de fréquence dressées selon la nature du crime nous en avertira. La corrélation existant entre ces deux éléments : caractère examiné et nature du crime, sera mesurée par des coefficients : *rapport de corrélation, coefficient de contingence.* Mais les deux éléments peuvent aussi, indépendamment l'un de l'autre, être liés à d'autres faits, en particulier à la taille, à l'âge, à l'intelligence. Il convient de tenir compte de ces liaisons. Pour cela, il faut examiner la répartition des criminels à la fois selon le caractère étudié et selon la taille, l'âge et l'intelligence. Il est alors possible de corriger la première appréciation, et de calculer de nouveaux rapports de corrélation entre le caractère étudié et la nature du crime pour des groupes de criminels qui seraient composés de la même façon en ce qui concerne la taille, l'âge, l'intelligence.

Pour les criminels, 37 caractères physiques différents, se répartissant en 5 groupes, ont été étudiés. Parmi les 37 rapports de corrélation ou coefficients de contingence calculés, dix seulement sont supérieurs à 0,1, trois supérieurs à 0,2 et un seul supérieur à 0,3 (tatouage). En étudiant de plus près les caractères qui fournissent les coefficients les plus élevés, on constate que, pour ceux-ci, la corrélation trouvée peut être due à la différence des classes sociales d'où sont issus les criminels.

En somme, relativement aux 37 caractères physiques étudiés, les criminels se différencient entre eux, non parce qu'ils sont criminels, mais parce qu'ils se distinguent par l'âge, la taille, l'intelligence, la position sociale, etc. La comparaison des criminels et des non criminels confirme les résultats précédents, ce qui permet à M. Goring *de contester l'existence d'un type physique du criminel tel que Lombroso et ses disciples l'ont décrit.*

§ 6. — Sciences médicales.

L'emploi de l'iode comme antiseptique sous forme solide. — En raison de l'importance de l'iode comme antiseptique, il y a intérêt à répandre son emploi sous une forme qui permette son utilisation en toute circonstance.

La difficulté d'appliquer l'iode aussitôt après une blessure de guerre résulte : 1° de la difficulté de conserver l'iode à l'état de nature ; 2° de la difficulté du transport des solutions d'iode.

Si l'on arrivait à diluer l'iode — dans les mêmes proportions que la teinture d'iode, étendue de deux fois son volume d'alcool, c'est-à-dire à 1 pour 30 — sous la forme d'une poudre stérilisée contenant l'iode dans un état de dilution aussi parfait que dans le liquide, le problème serait résolu.

D'après une récente communication à l'Académie de Médecine, M. le Dr Tissot arrive à ce résultat en prenant 300 gr. de kaolin séché au four et stérilisé et 10 gr. d'iode dissous dans une quantité suffisante d'éther. Le tout trituré ensemble donne une dilution sous la forme d'une poudre facilement transportable, soit dans de petits flacons, soit dans du papier parcheminé, soit dans des boîtes de bois ou de toute autre façon.

Cette poudre paraît pouvoir se conserver indéfiniment ; son application est facile, sans le secours d'aucun liquide, toujours difficile à se procurer sur le champ de bataille.

Quoique ne présentant pas tous les avantages que peut contribuer à offrir l'état liquide des solutions, cette dilution solide d'iode n'en est pas moins susceptible de rendre de réels services, auxquels vient s'ajouter l'action topique, absorbante et isolante du véhicule.

La poudre de kaolin pourrait, au besoin, être remplacée par de la poudre de quinquina, dont l'influence kératoplastique viendrait s'ajouter à l'action antiseptique de l'iode.

[1] Ch. Goring : The english convict. Londres, 1913; analysé dans le *Bull. de la statistique générale de la France*, t. III, p. 369-378 (juillet 1914).

LA LOCALISATION PRÉCISE DES PROJECTILES DANS LE CORPS DES BLESSÉS

PAR VOIE RADIOGRAPHIQUE OU RADIOSCOPIQUE

La recherche de l'emplacement exact d'un corps étranger, tel qu'un projectile, dans l'organisme est une question que les circonstances actuelles rendent plus importante que jamais. Beaucoup de radiographes ont, depuis la découverte des rayons X, cherché à résoudre ce problème, et de nombreuses solutions, souvent très ingénieuses et d'une application plus ou moins facile, ont été proposées.

Le plus souvent, c'est par deux radiographies prises de deux centres de projection différents, ordinairement dans deux directions rectangulaires, que s'obtient cette localisation.

Quand le corps étranger se trouve dans un membre, tel que le bras, la jambe, etc., les deux radiographies rectangulaires, l'une antéro-postérieure, l'autre latérale, s'obtiennent généralement sans difficulté; mais, lorsque ce corps étranger se trouve dans le voisinage d'une épaule, dans le haut de la cuisse, dans le thorax ou dans l'abdomen, l'application de la méthode devient plus difficile et souvent impraticable.

L'épreuve antéro-postérieure s'obtient assez facilement avec une pose suffisante. Mais l'épreuve prise dans une direction perpendiculaire à la première exigerait une pose de profil qui, à cause des grandes épaisseurs à traverser, serait généralement très défectueuse et souvent difficile à interpréter.

De plus, à cause de la divergence des rayons X à partir de leur point d'émission, il y a lieu de tenir compte de déformations qui, acceptables à la rigueur dans le cas d'un membre de faible épaisseur (bras ou jambe, par exemple), deviennent, comme nous allons le voir, une cause d'erreurs graves pour les régions épaisses.

On sait que les images données par les rayons X sont très différentes de celles fournies par l'objectif photographique ordinaire. Elles sont assimilables à de véritables ombres portées dessinant le contour des objets, et dont l'intensité est plus ou moins grande suivant que les corps intercalés sur le trajet des rayons X sont plus ou moins transparents pour ces rayons.

Soit une ampoule radiographique donnant, par le point O, une émission de rayons X vers une plaque sensible photographique S (fig. 1). Intercalons, entre l'ampoule et la plaque, des corps A, B, C non transparents aux rayons X, comme des balles de fusil, noyés dans des parties plus ou moins transparentes, telles que des chairs et des os. Leurs ombres se projetteront en A', B', C' sur la

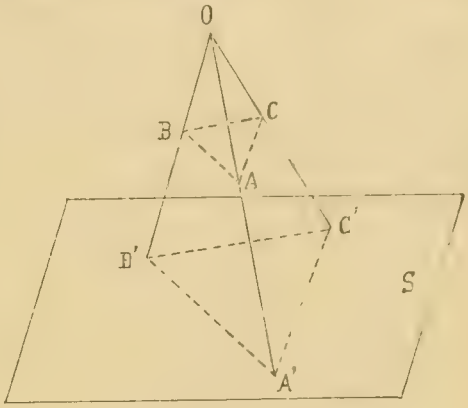


Fig. 1.

plaque sensible, qui restera inaltérée en ces points, alors qu'elle sera impressionnée partout ailleurs. Au développement, A', B', C' apparaîtront en clair sur le fond plus ou moins sombre des chairs et des os.

Si les points A, B, C (nous les supposerons au nombre de 3 pour faciliter le langage) sont dans un même plan parallèle à la plaque sensible, le triangle A'B'C', formé par leur image sur la plaque, sera semblable à celui formé dans l'espace par les points A, B, C eux-mêmes. *Mais il aura des dimensions plus grandes. A l'examen de l'épreuve radiographique, on jugera ces points plus éloignés*

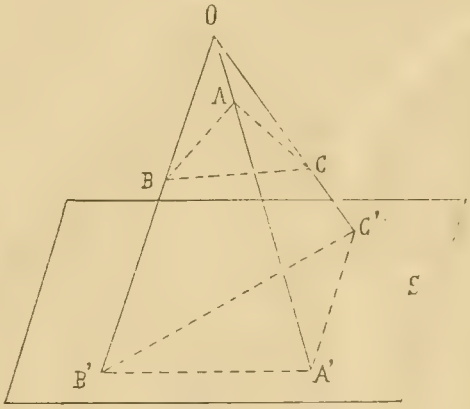


Fig. 2.

les uns des autres qu'ils ne le sont réellement. On aura une altération en grandeur de la figure ABC de l'espace.

Si le plan du triangle formé par les points A, B, C n'est pas parallèle à la surface sensible S, sa projection A′, B′, C′ (fig. 2) sur cette surface sensible ne sera plus semblable à celle de la figure de l'espace. Ainsi, l'angle A, étant par exemple de 60°, pourra, dans la figure projetée, être un angle droit, si l'inclinaison du plan de cet angle sur la plaque sensible a une valeur convenable. Il y aura, cette fois, *une altération de forme* qui se superposera à l'*altération de grandeur* dont on a parlé plus haut. La radiographie laissera croire que le projectile C est dans une direction perpendiculaire à la direction AB, alors qu'il est dans une direction inclinée de 60° sur celle-là. Elle donnera aussi des indications inexactes sur la distance réelle AC qui sépare le projectile C de A.

Ainsi, dans le cas général, une figure obtenue

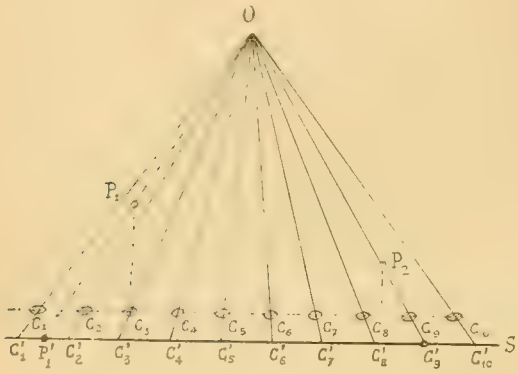


Fig. 3. — Le projectile P_1, qui se trouve au-dessus d'une côte C_3, paraît, d'après la radiographie, être entre les deux côtes C_4 et C_2, entre les images desquelles il se projette en P'_1. Au contraire P_2 qui est entre deux côtes paraît être au-dessus de la côte C_9, sur l'image de laquelle il se projette.

par voie radiographique est *agrandie et déformée*. On voit alors immédiatement les graves conséquences de ce fait :

Sur une radiographie, une balle placée dans le voisinage d'un os, mais ne le touchant pas, en paraît plus éloignée qu'elle ne l'est réellement.

De même, dans le cas d'un thorax, un projectile P_1 (fig. 3), qui se trouve au-dessus de la troisième côte C_3, par exemple, apparaîtra, sur une radiographie prise du point O, au point P'_1, milieu de l'intervalle qui sépare la première de la seconde côte. Il pourra paraître facile à atteindre par une opération tentée du côté du corps qui touche à la plaque sensible S, alors qu'il sera masqué par une côte.

Inversement, on pourra hésiter à tenter l'extraction du projectile P_2, sous prétexte que la radiographie le montre derrière la côte C_9, alors qu'en réalité il est dans l'intervalle qui sépare les 2 côtes consécutives C_8 et C_9.

Si, jugeant cette radiographie insuffisante, on venait à en prendre une nouvelle avec une position de l'ampoule un peu différente de la précédente, les images P'_1, P'_2 des projectiles P_1, P_2 apparaîtraient elles-mêmes à des places différentes au milieu du système des côtes. On pourrait croire, à tort, que le projectile s'est déplacé dans l'organisme pendant l'intervalle d'exécution des deux radiographies. De là cette opinion que « *la radiographie fait voyager les projectiles* ».

Une radiographie unique ordinaire donne donc des indications qui, acceptées sans une discussion approfondie, peuvent fausser le jugement et entraîner le chirurgien aux erreurs les plus graves.

L'emploi de deux radiographies rectangulaires atténue ces inconvénients, mais ne supprime pas toute cause d'erreur. En particulier, *elle laisse subsister les altérations en grandeur*, et je pourrais citer nombre de cas où, même avec deux radiographies rectangulaires, des opérations d'extrac-

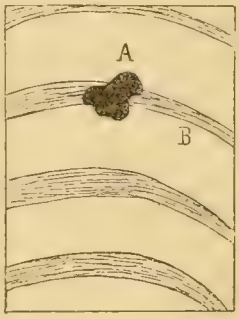


Fig. 4. — Le corps opaque A, interrompant les contours de B, paraît être en avant de B par rapport à l'observateur.

tion de projectiles n'ont abouti qu'à des insuccès.

D'autre part, la radiographie ne donne pas, comme la photographie ordinaire, l'image des détails de la surface de l'objet, mais celle des contours apparents de leurs parties inégalement transparentes aux rayons X.

Une radiographie ne doit donc pas être interprétée comme une photographie ordinaire. Quand, sur une photographie ordinaire, nous voyons un objet opaque A interrompre les contours d'un autre objet B (fig. 4), nous en concluons immédiatement que A est intercalé entre B et notre œil, c'est-à-dire qu'il est en avant de B.

Si, dans une radiographie, A est un objet opaque aux rayons X, comme un fragment de projectile logé dans un thorax, par exemple, son image interrompra les contours d'une côte B. On aura donc tendance à admettre que A est en avant de B. Or il suffit de réfléchir un instant pour se rendre compte qu'en vertu des propriétés des rayons X, il peut aussi bien être en arrière.

Ajoutons à cela que les contours des objets fournis par la radiographie ne sont que de simples

silhouettes, ayant souvent une forme très différente de celle des objets : une balle ronde de shrapnell projetée obliquement par les rayons apparaîtra plus ou moins allongée en ellipse ; la partie cylindrique d'une balle de Mauser apparaîtra limitée par deux lignes convergentes si l'axe de cette balle n'est pas parallèle à la plaque sensible, etc.

C'est évidemment à l'accumulation de ces diverses causes d'erreurs qu'il faut attribuer la méfiance d'un certain nombre de chirurgiens vis-à-vis de la radiographie.

Nous nous proposons de montrer que cette manière de juger la radiographie est la conséquence d'un malentendu et d'une interprétation insuffisante des épreuves qu'elle fournit, et qu'à la condition d'opérer convenablement on peut éviter toutes ces erreurs et donner sans ambiguité et avec une très grande précision la position du corps étranger à extraire.

I

Nous allons décrire une méthode de localisation exacte des corps étrangers dans l'organisme, qui, bien que peu ancienne, a déjà reçu la sanction de la pratique. Cette méthode est, à la fois, simple, sûre et rapide. Je l'ai appliquée à de nombreux blessés à l'Hôpital militaire de Trouville (1.200 lits). Divers radiographes des hôpitaux de Paris, qui ont bien voulu l'adopter, ont obtenu avec elle, dans des cas difficiles, des succès bien caractérisés. Son application ne nécessite que quelques accessoires à joindre au matériel radiographique courant. Ces accessoires sont suffisamment simples pour que

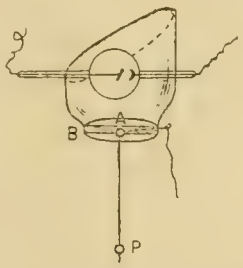


Fig. 5. — *Fil à plomb.* — Le fil à plomb P peut glisser dans le piton A adapté à la barrette B, ajustée elle-même sur le cercle de base du globe protecteur de l'ampoule radiographique.

chacun puisse les construire lui-même ou les faire construire partout. Grâce à eux, on peut transformer en quelques instants l'installation radiographique ou radioscopique la plus modeste en une installation de précision.

Ces accessoires sont :

1° Un fil à plomb P (fig. 5), tombant sur la verticale du point d'émission des rayons X et dont le fil glisse dans un piton A, adapté à une barrette transversale B fixée au-dessous du support de l'ampoule et centré sur le cercle de base du globe protecteur. Le glissement du fil dans le piton permet d'amener le corps lourd fixé à son extrémité inférieure (corps lourd qui peut être lui-même un simple piton) à telle hauteur que l'on désire au-dessus de la table d'opération et du corps du blessé. La barrette B peut être enlevée facilement avec le fil à plomb au moment de la pose, ou bien, tournant autour d'une vis la fixant par une de ses extrémités, elle peut être écartée latéralement hors du champ d'émission des rayons X lorsque l'emploi du fil à plomb est terminé dans la période préparatoire qui précède la pose.

2° Une boîte que nous appellerons boîte porte-

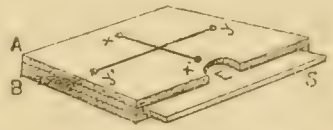


Fig. 6. — *Boîte porte-plaque.* — La boîte porte-plaque B porte deux fils métalliques fins tendus en croix sur son couvercle. Ces deux fils forment deux axes rectangulaires xx', yy' qui se croisent au milieu O de la plaque photographique.

plaque (fig. 6), formée de deux planchettes de bois rigide A et B de 5 millimètres d'épaisseur, écartées l'une de l'autre de 5 millimètres environ par un cadre intercalé entre ces deux planchettes sur trois de leurs côtés. Par le quatrième côté libre, on peut introduire dans cette boîte porte-plaque la plaque sensible S, munie de ses enveloppes protectrices de papier noir et rouge. Une échancrure E permet de saisir la plaque et de la retirer facilement de la boîte. Aux quatre points xx' yy' sont plantés, dans le bois de l'une des planchettes, quatre petits clous qui ne dépassent pas à l'intérieur de la boîte. Ces quatre clous sont joints deux à deux par deux fils métalliques de quelques dixièmes de millimètre de diamètre, tendus en croix et noyés dans deux rainures creusées au canif dans le bois du couvercle. Ces deux fils, s'imprimant d'une façon très nette sur le cliché pendant la pose, forment un système de deux axes rectangulaires xx', yy', qui se croisent au centre O de la plaque et dont on verra l'utilité tout à l'heure.

Ces indications données sur les deux seuls accessoires indispensables, examinons le principe fondamental de la méthode :

Choisissons, sur le corps du blessé, un point dont la position sera arbitraire entre des limites assez étendues et astreint seulement à se trouver dans la région du corps où l'on a quelque raison de supposer que se trouve le projectile. Marquons ce point, que nous appellerons *repère origine*, d'un signe tel qu'une petite croix tracée sur la peau à l'aide d'un crayon dermographique. Nous allons

prendre ce point O comme origine de trois axes rectangulaires. L'axe des x sera parallèle à la direction gauche-droite du blessé ; l'axe des y sera parallèle à l'axe du corps (direction des pieds vers la tête) ; enfin l'axe des z, perpendiculaire aux précédents, traversera le corps du blessé.

Nous allons chercher, par voie radiographique ou radioscopique, à déterminer d'une manière précise les trois coordonnées X', Y', Z' du projectile par rapport à ce système d'axes.

Les deux coordonnées X' et Y', portées à partir du repère origine O sur la surface du corps, indiqueront le point où le chirurgien devra attaquer le corps avec son bistouri pour y trouver le projectile à la profondeur Z'.

Pour évaluer X', Y', Z', il suffit de prendre, dans les conditions que je vais indiquer, deux radiogra-

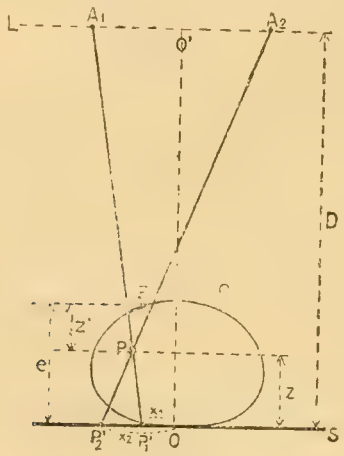


Fig. 7.

phies consécutives de la région du corps où se trouve le projectile.

Soit S la plaque sensible (fig. 7) supposée vue de profil et C le contour d'une région du corps (thorax par exemple) reposant sur cette plaque, le blessé étant supposé couché sur le dos. Un corps étranger, tel qu'un projectile, se trouve au point P dans cette région du corps. C'est la position exacte de ce projectile qu'il s'agit de déterminer et d'indiquer d'une manière précise au chirurgien, dont la mission est de l'extraire.

L'ampoule étant placée à une distance D = 50 centimètres, par exemple, au-dessus de la plaque, on prend une première épreuve avec cette ampoule occupant la position A_1 : l'image du projectile se fait en P'_1, à une distance x_1 de la ligne médiane O de la plaque.

On prend ensuite une seconde épreuve, après avoir déplacé latéralement l'ampoule en A_2 d'une quantité δ (égale, par exemple, à l'écartement moyen des yeux, soit 64 millimètres). Le projectile s'imprime alors en P'_2 sur cette seconde épreuve, à une distance x_2 de la ligne médiane O de la plaque. Nous désignerons la distance P'_1 P'_2, égale à $(x_2 - x_1)$, par *décalage* de l'image du projectile, et nous la désignerons par d.

Ces deux épreuves prises, nous allons voir qu'il sera très simple de déterminer, par plusieurs méthodes entre lesquelles nous ferons un choix tout à l'heure, la distance Z à laquelle le projectile se trouve de la plaque sensible, c'est-à-dire la position de ce projectile en profondeur.

II

1° *Détermination de Z par le calcul.* — Les deux triangles semblables de sommet P donnent la relation :

$$\frac{Z}{D-Z} = \frac{d}{\delta}; \text{ c'est-à-dire : } Z\delta = Dd - Zd.$$

$$Z(d+\delta) = Dd, \text{ d'où : } Z = \frac{Dd}{d+\delta}. \quad (1)$$

Mesurons en millimètres, par exemple, sur les

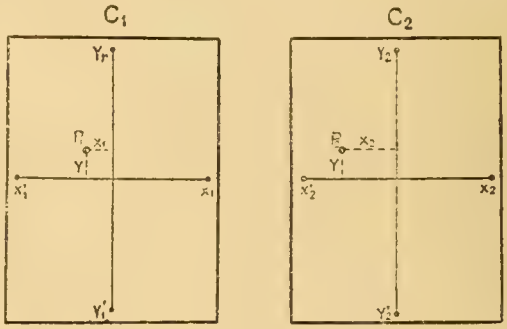


Fig. 8.

deux clichés C_1 et C_2, représentés figure 8, les deux longueurs x_1 et x_2. Retranchons la plus petite de ces longueurs x_1 de la plus grande x_2 et nous aurons le décalage d :

$$d = x_2 - x_1.$$

Adoptons, d'autre part, des valeurs bien déterminées et toujours les mêmes pour D et δ ; exprimons-les aussi en millimètres et nous aurons alors, par l'application de la formule (1), la valeur de Z, également en millimètres.

Avec les valeurs numériques proposées plus haut, pour D et δ, savoir :

$$D = 50^{cm} = 500^{mm}; \qquad \delta = 64^{mm};$$

cette formule devient :

$$Z = \frac{500\,d}{d+64}, \quad (2)$$

ou mieux, pour la facilité du calcul numérique (par l'introduction du facteur 1.000 au lieu de 500) :

$$Z = \frac{1000\,d}{2d+128}. \quad (2')$$

En pratique, il sera commode d'indiquer la position en profondeur du projectile P, par sa distance Z′ au point d'entrée F des rayons X. Si l'on a déterminé l'épaisseur e du membre en ce point, il suffira de retrancher Z de e pour avoir Z′ :

$$Z' = e - Z. \qquad (3)$$

2° *Méthode géométrique.* — Au bas d'une bande de papier d'une longueur de 55 centimètres environ, traçons une ligne S, qui représentera la plaque sensible (fig. 7). A la distance de 50 centimètres, traçons une ligne parallèle L, qui représentera la ligne de déplacement latéral de l'ampoule, ou, d'une manière plus précise, la ligne de déplacement du point d'émission des rayons X. Joignons les milieux O et O′ de ces deux lignes par la perpendiculaire commune OO′. Portons, à droite et à gauche de O′, deux longueurs $O'A_1$ et $O'A_2$ égales à 32 millimètres. Les deux points A_1 et A_2 représenteront les deux positions de l'ampoule, séparées par l'intervalle de 64 millimètres.

Portons ensuite, à partir du point O, les deux longueurs x_1 et x_2 qui nous donneront en P'_1 P'_2 les points correspondant aux deux images du projectile sur le système des deux clichés. Tirons ensuite, à l'aide d'un crayon et d'une règle, les deux lignes $A_1P'_1$ et $A_2P'_2$. Elles se croisent en un point P. On comprend immédiatement que ce point de croisement est la position exacte du projectile. Le graphique obtenu matérialise en effet, pour ainsi dire en *vraie grandeur*, la marche des rayons X à travers le membre, vers la plaque sensible. Il suffit alors de mesurer, à l'aide d'un double décimètre, la distance du point P du graphique à la ligne S pour avoir la valeur de Z, d'où l'on déduira immédiatement $Z' = e - Z$.

3° *Emploi d'un barème.* — On pourra, à l'aide de la formule (2′), calculer un barème donnant toutes les valeurs de Z pour les diverses valeurs de d, variant de millimètre en millimètre. La consultation de ce tableau, pour la valeur de d obtenue par les clichés, donnera immédiatement Z et, par suite, Z′. C'est, évidemment, la consultation du barème que l'on adoptera dans la pratique courante, puisqu'elle fournira instantanément le résultat cherché. On trouvera, ci-dessus, ce barème tout calculé (Barème des profondeurs).

Tableau I. — *Barème des profondeurs Z.*

DÉCALAGE d	PROFONDEUR Z	DÉCALAGE d	PROFONDEUR Z
m/m	m/m	m m	m m
1	8	31	163
2	15	32	167
3	22	33	170
4	29	34	173
5	36	35	176
6	43	36	180
7	49	37	183
8	55	38	186
9	62	39	189
10	67	40	192
11	73	41	195
12	79	42	198
13	84	43	201
14	89	44	204
15	95	45	206
16	100	46	209
17	105	47	211
18	109	48	214
19	114	49	217
20	119	50	219
21	123	51	222
22	128	52	224
23	132	53	226
24	136	54	228
25	140	55	231
26	144	56	233
27	148	57	235
28	152	58	237
29	155	59	240
30	159	60	242

III

Bien que la détermination de Z ou Z′ soit un élément capital dans le problème qui nous occupe, elle ne constitue pas à elle seule toute la solution de ce problème. Il faut, en effet, que le chirurgien connaisse d'une façon précise le point du corps à attaquer avec le bistouri pour y trouver le projectile à la profondeur Z′. Il nous reste donc à nous occuper de la recherche précise de ce point. C'est dans cette recherche que nous allons voir apparaître l'utilité du fil à plomb et de la boîte porte-plaque.

Avant d'installer le blessé sur la table radiographique, on a eu soin de poser sur cette table la boîte porte-plaque munie d'une plaque sensible, et de la placer de manière que le fil à plomb tombant de l'ampoule aboutisse au point de croisement des axes xx', yy' tracés sur cette boîte. On a eu soin également de régler la hauteur de l'ampoule, de manière que le point d'émission des rayons X se trouve à 50 centimètres au-dessus de la plaque sensible, et que cette ampoule soit placée de préférence dans la position moyenne entre les positions extrêmes A_1 A_2 adoptées pour les deux poses.

Ceci fait, on installe le blessé en veillant à ce que la boîte porte-plaque reste bien à sa place pendant cette opération, et on place au-dessus du point O, c'est-à-dire au milieu de la plaque, la région où l'on suppose que le projectile a quelque chance de se trouver. On a ordinairement un indice quelconque donnant sur ce point un renseignement au moins approximatif : point d'entrée du projectile, radiographie antérieure jugée insuffisante, examen radioscopique rapide, etc. On dépose au point O de la boîte un petit morceau de papier enduit sur sa face supérieure d'un adhésif tel que de la gomme ou de la seccotine, de manière que ce morceau de

papier, se collant de lui-même sur la peau du blessé quand celui-ci sera couché sur la plaque, y conserve marquée la position du point O [1].

L'évaluation de cette région n'a d'ailleurs à être faite que d'une façon grossièrement approximative, et une erreur de plusieurs centimètres ne tire pas à conséquence. Ceci fait, on fait glisser le fil à plomb dans son piton de manière que sa pointe tombe, en l'effleurant, sur la peau du blessé, et on marque cet emplacement par une petite croix que nous appellerons « repère origine », dont on oriente les deux bras suivant les directions xx', yy'. Le fil à plomb étant immobilisé dans cette position donnerait immédiatement la valeur e de l'épaisseur de la partie du corps radiographiée, si l'on mesurait sa distance à la boîte porte-plaque. La présence du blessé étant un obstacle pour cette mesure, on la remettra à plus tard et on se contentera d'enlever la barrette B ou de l'écarter latéralement, de manière à mettre le fil à plomb hors du champ des rayons X.

Le moment est alors venu de procéder à la première pose en plaçant l'ampoule dans une de ses positions extrêmes A_1.

Cette première pose faite, on extrait la plaque impressionnée de la boîte porte-plaque, et on la remplace immédiatement par une plaque neuve, puis on déplace latéralement l'ampoule dans sa deuxième position extrême A_2. On a eu soin, tout naturellement, de recommander au blessé de garder son immobilité pendant cette manipulation, qui ne dure d'ailleurs que quelques secondes. On procède alors à la seconde pose.

Aussitôt que le blessé a quitté la table radiographique, on replace dans la position d'où on l'a enlevé tout à l'heure le fil à plomb, et on mesure e comme il a été dit plus haut. La séance radiographique proprement dite est alors terminée.

Les deux clichés une fois développés portent la trace bien nette des quatre repères et des deux axes xx', yy'; on les utilise, comme il a été indiqué ci-dessus, pour la recherche de Z et de Z' par l'intermédiaire de x_1 et x_2.

Quand cette opération est faite, on mesure, sur l'un ou l'autre cliché, la distance Y de l'image du projectile à l'axe xx', parallèle à la ligne de déplacement de l'ampoule.

On évalue de même la distance X à l'axe yy' de la position moyenne des deux images du projectile ; comme on a déjà mesuré x_1 et x_2, lorsqu'on a procédé, plus haut, à l'évaluation de Z, il suffit, pour avoir X, de faire la moyenne arithmétique $X = \frac{x_1 + x_2}{2}$ de ces deux nombres, dont on a déjà utilisé la différence $(x_2 - x_1)$ pour avoir Z.

Remarquons que, si les rayons X tombaient normalement sur la plaque sensible, au lieu d'y tomber obliquement en divergeant à partir de leur point d'émission, X et Y représenteraient justement, en vraie grandeur, les rectifications qu'il faudrait apporter à la position du repère origine dans la direction de la ligne de déplacement de l'ampoule et dans la direction perpendiculaire. Notre problème serait donc complètement résolu.

La divergence des rayons X complique peu d'ailleurs la fin de l'opération. Il est facile, en effet, de déduire de X et de Y leurs valeurs corrigées réelles X' et Y' (qui n'en diffèrent, d'ailleurs,

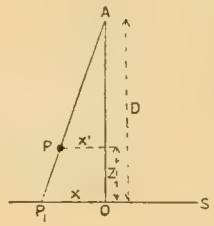


Fig. 9.

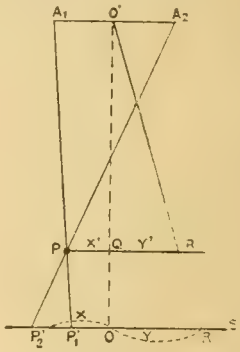


Fig. 10.

d'une manière un peu considérable que quand le projectile est loin du centre de la plaque sensible).

On peut utiliser pour cela, soit le calcul, soit la construction graphique que l'on a déjà faite plus haut et que l'on va compléter.

1° *Evaluation de* X' et Y' *par le calcul.* — Soit S la plaque sensible (fig. 9), A l'ampoule et P le projectile qui, au lieu de se trouver sur la verticale élevée au milieu O de la plaque, s'en trouve à la distance X' dans la direction parallèle à celle du déplacement de l'ampoule. Les deux triangles semblables de la figure donnent :

$$\frac{X'}{X} = \frac{D - Z}{D} \quad \text{d'où} \quad X' = X\frac{D - Z}{D}.$$

Comme nous connaissons la valeur de X, D, Z, cette formule nous donne immédiatement X'.

Une formule tout à fait analogue donne Y'.

$$Y' = Y\frac{D - Z}{D}.$$

Avec la valeur D = 50 centimètres = 500 millimètres déjà adoptée, ces formules deviennent :

$$X' = X\frac{500 - Z}{500} \qquad Y' = Y\frac{500 - Z}{500}$$

[1] On peut remplacer cette étiquette par un tampon d'ouate imbibé d'encre violette, qu'on place dans une petite cavité creusée au centre de la boîte, ou, plus simplement, par un morceau de diachylon roulé en boulette qui adhère bien à la peau et y laisse une trace suffisante s'il vient à s'en détacher par accident.

ou mieux, pour faciliter le calcul par l'introduction du facteur 1.000 au lieu de 500 :

$$X' = X.\frac{1000 - 2Z}{1000} \qquad Y' = Y.\frac{1000 - 2Z}{1000}.$$

2° *Emploi de la construction graphique.* — Sur la construction graphique déjà faite pour la recherche de Z, la longueur PQ représente précisément X' : il suffit alors de la mesurer au double décimètre sur la feuille de papier (fig. 10).

Pour avoir Y' on porte, à partir du point O, la longueur Y suivant OR'. On tire la ligne O'R' qui coupe en R l'horizontale PQ. On se rend facilement compte que la longueur QR est précisément Y'. On mesure directement cette distance, au double décimètre, sur le graphique.

Les valeurs de X' et Y' une fois connues, rien n'est plus facile que de corriger la position du repère origine, sur la peau du blessé, en portant ces deux longueurs à partir de ce repère origine, la première parallèlement à la ligne de déplacement de l'ampoule, la seconde au bout de la première dans une direction perpendiculaire. Ces deux directions ont été repérées sur la peau du blessé par la petite croix qui y a été tracée. On marque alors, par un signe bien visible et définitif, tel que celui-ci ⊙, le point ainsi obtenu. On inscrit à côté de lui le nombre donnant la profondeur du projectile et, pour éviter toute erreur, on efface le repère origine primitif. Le blessé étant amené devant le chirurgien, celui-ci sait qu'il doit attaquer le corps avec son bistouri au point marqué par le signe conventionnel ci-dessus et qu'il trouvera le projectile à la profondeur indiquée par le chiffre inscrit à côté de lui.

3° *Emploi d'un barême.* — Les formules (4) qui fournissent les valeurs de X' et de Y' peuvent donner lieu à l'établissement d'un barême à double entrée qui fait connaître instantanément ces valeurs à l'opérateur. On trouvera ci-dessous ce barême dont le mode d'emploi est le suivant :

On cherche dans la première colonne verticale le nombre qui représente la valeur de Z trouvée plus haut (ou le nombre qui s'en approche le plus). Si l'on a trouvé, par exemple, Z = 67 millimètres, on prendra le nombre 70.

On cherche ensuite dans la première ligne horizontale le nombre X ou celui qui s'en rapproche le plus. Pour X = 23 millimètres par exemple, on prendra le nombre 25. La valeur de X' est le nombre inscrit au point de croisement de la ligne et de la colonne utilisées. Avec l'exemple choisi, ce nombre serait 22 millimètres.

On opérera exactement de la même manière pour Y'. Si l'on a trouvé, par exemple, dans la mesure faite sur le cliché, Y = 28 millimètres, on prendra le nombre 30 dans la première ligne horizontale. La valeur de Y' inscrite au point de croisement de la ligne 70 et de la colonne 30 sera ici 26 millimètres.

On saura alors que le repère exact sur lequel doit être donné le coup de bistouri est à 22 millimètres du repère origine dans la direction $x\,x'$ parallèle à la ligne de déplacement de l'ampoule et à 26 millimètres dans la direction perpendiculaire.

Par un simple coup d'œil jeté sur le cliché, on saura, d'ailleurs, de quel côté du repère origine

TABLEAU II. — ***Barême de rectification des positions du repère-origine.***

→ *Ligne des valeurs de X ou de Y*

↓ Colonne des valeurs de Z																				
0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
10	5	10	15	20	25	30	34	40	44	49	54	59	64	69	74	78	83	88	93	98
20	5	10	14	19	24	29	34	38	43	48	53	58	62	67	72	77	82	86	91	96
30	5	9	14	19	24	29	33	38	42	47	52	56	61	66	71	75	80	85	89	94
40	5	9	14	18	23	28	32	37	41	46	51	55	60	64	69	74	78	83	87	92
50	5	9	14	18	23	27	31	36	40	45	50	54	59	63	68	72	77	81	86	90
60	4	9	13	18	22	26	31	35	40	44	48	53	57	62	66	70	75	79	84	88
70	4	9	13	17	22	26	30	34	39	43	47	52	56	60	64	69	73	77	82	86
80	4	8	13	17	21	25	29	34	38	42	46	50	55	59	63	67	71	76	80	84
90	4	8	12	16	21	25	29	33	37	41	45	49	53	57	62	66	70	74	78	82
100	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80
110	4	8	11	16	20	23	27	31	35	39	43	47	51	55	59	62	66	70	74	78
120	4	8	11	15	19	23	27	30	34	38	42	46	49	53	57	61	65	68	72	76
130	4	7	11	15	19	22	26	30	33	37	41	44	48	52	56	59	63	67	70	74
140	4	7	11	14	18	21	26	29	32	36	40	43	47	50	54	57	61	65	68	72
150	4	7	10	14	18	21	25	28	32	35	39	42	46	49	53	55	60	63	67	70
160	3	7	10	14	17	20	24	27	31	34	37	41	44	48	51	54	58	61	65	68
170	3	7	10	13	17	20	23	26	30	33	36	40	43	46	50	53	56	60	63	66
180	3	6	9	13	16	19	22	26	29	32	35	38	42	45	48	51	54	58	61	64
190	3	6	9	12	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	47	50	52	56	59	62
200	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60

Barême.

(au-dessus ou au-dessous pour Y', à droite ou à gauche pour X') doivent être portées ces corrections X' et Y'.

IV

Remarque I. — Nous avons supposé, dans tout ce qui précède, que les deux images du projectile sont du même côté de l'axe des y. Elles pourraient se trouver de part et d'autre. Dans ce cas, on aurait $d = x_2 + x_1$ au lieu de $d = x^2 - x_1$ et $X = \frac{X_2 - X_1}{2}$ au lieu de $X = \frac{X_2 + X_1}{2}$.

Remarque II. — Les deux clichés obtenus à partir des deux points de vue A_1 A_2 forment un couple stéréoscopique. En les installant dans un stéréoscope à miroirs du type Cazes ou Pigeon, par exemple, et en plaçant les yeux à la distance optique de 50 centimètres des épreuves, on verra le projectile se détacher à sa place dans l'intérieur du corps avec un effet de relief très agréable et très frappant. Bien que cet examen stéréoscopique ne

soit nullement nécessaire, il n'est pas inutile pour le chirurgien qui voit ainsi la position vraie du projectile dans le membre, comme si celui-ci était transparent. Il se rend alors mieux compte de ce qu'il a à faire.

Cet examen stéréoscopique pourrait même être utilisé pour une nouvelle méthode d'évaluation précise des trois quantités, que nous avons désignées par X', Y', Z'. Mais l'emploi des barèmes est si simple et si rapide, que je juge inutile

Fig. 11. — *Radiographie double d'un livre entre les feuillets duquel on a placé, en trois endroits différents, trois rondelles métalliques qui ont fourni trois images doubles avec trois décalages différents.*

d'insister et d'allonger encore un article bien développé.

Remarque III. — On peut encore simplifier les choses et faire une économie de 50 °/₀ sur les plaques radiographiques, en suivant l'excellente idée que m'a suggérée le Dr Lomon, et qui consiste à faire les deux poses sur la même plaque. Les deux images du projectile s'impriment l'une à côté de l'autre dans cette épreuve doublée et la mesure du décalage d se fait immédiatement sur cette épreuve[1].

Nous donnons (fig. 11), à titre documentaire, la radiographie d'un livre entre les feuillets duquel on a introduit, à divers endroits, trois petites rondelles métalliques percées d'un trou central de quelques millimètres de diamètre. Les deux épreuves ont été faites sur la même plaque. Le décalage, qu'on perçoit directement sur cette épreuve, est très différent pour les trois rondelles et montre de suite, avant toute mesure, l'ordre dans lequel se succèdent ces trois rondelles à partir de la plaque photographique. En appliquant la méthode qui vient d'être décrite, on retrouve avec la plus grande facilité la position des rondelles dans l'épaisseur du livre et l'emplacement exact de chacune d'elles sur la page où elle se trouve. C'est là un exercice que nous ne saurions trop recommander aux débutants, afin qu'ils puissent vérifier s'ils ont convenablement opéré, et qu'ils acquièrent confiance dans leurs résultats.

La figure 12 est la double radiographie d'un genou, dans la direction antéro-postérieure. Un fragment de projectile semble logé en pleine articulation, sur le plateau tibial. Un fil de plomb, recourbé en crochet et utilisé comme repère stéréoscopique sur le membre, laisse voir aussi son image. On remarque nettement, sur ce couple d'épreuves, le décalage considérable des images du projectile, puisque ces images sont de part et d'autre de l'axe des y. Le décalage du repère est de même sens que celui du projectile et un peu plus grand. Cela montre, avant toute mesure faite sur les clichés, que le repère en fil de plomb était posé sur la face antérieure du genou, opposée à la plaque, et que, contrairement aux apparences, le projectile doit être à une faible profondeur à partir de cette face antérieure.

En exécutant les mesures comme il a été indiqué ci-dessus, on trouve, pour le projectile :

$$x_1 = 6 ; \qquad x_2 = 12.$$

Les deux images du projectile étant de part et d'autre de l'axe des y, on aura, pour calculer le décalage, la formule $d = x_2 + x_1 = 18$ millimètres.

[1] Si l'on exécute les deux radiographies sur la même plaque, il est évident que la boîte porte-plaque devient inutile puisqu'on n'a pas à changer cette plaque au cours de l'opération. On remplacera tout simplement cette boîte par l'une des enveloppes extérieures de papier rouge qui servent à protéger les plaques contre l'influence de la lumière du jour. On collera sur sa surface (avec de la seccotine, par exemple) deux fils métalliques fins tendus en croix, et on opérera exactement comme il a été dit ci-dessus.

L'inconvénient des deux poses sur la même plaque est que l'épreuve n'est plus susceptible d'un examen stéréoscopique. De plus, l'aspect de cette épreuve double est généralement moins flatteur pour l'œil que celui de deux radiographies distinctes, car tous ses contours étant doublés on éprouve, en l'examinant, la sensation que le sujet a « bougé » pendant la pose.

La radiographie de la figure 11 a été faite par M. Gallaud. Je le remercie d'avoir bien voulu mettre le cliché à ma disposition.

et, d'après le barême, $Z = 109$ millimètres, ce qui correspond à $109 - 5 = 104$ millimètres à partir de la face du membre qui reposait sur la boîte porte-plaque, puisque l'épaisseur de la planchette supérieure de cette boîte est de 5 millimètres.

Le point choisi sur le projectile pour faire les mesures est donc à 109 millimètres de la plaque sensible et à 104 millimètres des points de la partie postérieure du genou qui touchaient la boîte porte-plaque. Or, l'épaisseur du membre au point radiographié était de 118 millimètres.

Par suite, la profondeur du projectile, à partir de la face antérieure du genou, est $118 - 104 = 14$ millimètres. Le projectile ne se trouve donc pas profondément engagé dans l'articulation au-dessus du plateau tibial. Rien de plus facile, d'ailleurs, que de repérer exactement sa position par rapport à un sommet osseux comme le point A de la rotule par exemple. Les mesures donnent, en effet, pour ce point A :

$$x_1 = 22^{mm}; \qquad x_2 = 37^{mm}.$$

Ici les deux images sont du même côté de l'axe des y. On prendra donc, pour calculer leur décalage, la formule :

$$d = x_2 - x_1 = 37 - 22 = 15.$$

Ce qui, d'après le barême des profondeurs, donne :

$$Z = 95^{mm}.$$

Ainsi, le projectile étant à 109 millimètres de la plaque, le point A de la rotule en est à 95 millimètres. Le projectile est donc à 14 millimètres en avant du point A de la rotule, relativement à la face antérieure du genou.

Fig. 12. — *Double radiographie d'un genou avec projectile paraissant engagé dans l'articulation au-dessus du plateau tibial.* — Au-dessus du projectile on voit l'image d'un fil de plomb recourbé en crochet et servant de repère.

D'autre part, les mesures faites sur les mêmes clichés donnent pour Y la valeur 34 millimètres : l'emploi du barême II, avec ce nombre $Y = 34$ et le nombre $Z = 109$ obtenu plus haut, donne le résultat $Y' = 27$ millimètres. Enfin, le même barême II donne pour X' la valeur 4 millimètres.

L'examen des deux clichés montre, d'ailleurs immédiatement, que le projectile est au-dessous et à gauche du repère origine O[1].

[1] Nous disons : *à gauche*, car le décalage du projectile étant plus grand à gauche qu'à droite, sa position moyenne

Par suite, l'emplacement du point où on devra marquer le signe conventionnel définitif ⊙ destiné au chirurgien est à 27 millimètres au-dessous et à 4 millimètres à gauche du repère origine fourni par le fil à plomb sur la peau du blessé.

C'est à 18 millimètres de profondeur à partir de ce point que le chirurgien trouvera le projectile en question.

V

Le lecteur qui aura eu la patience de suivre jusqu'au bout ce long exposé de la méthode de localisation des projectiles dont je fais usage aura sans doute l'impression que, contrairement à ce que je disais au début, l'emploi de cette méthode doit être long et compliqué. En réalité, la partie pratique se réduit à quelques tours de main très simples, et les accessoires nécessaires sont immédiatement applicables à une installation existante quelconque. Mon expérience personnelle, qui porte déjà sur un bon nombre d'opérations, jointe à celle de plusieurs opérateurs radiographes qui ont bien voulu suivre mes indications, me permet de maintenir mon affirmation première.

La prise des deux radiographies ne demande que quelques minutes : il en est de même des trois mesures à faire sur les deux clichés et des calculs, aussi simples qu'on peut le désirer, à effectuer d'après ces mesures. Une fois les clichés développés, on peut avoir, en moins de cinq minutes, avec l'emploi des barêmes, sur la peau du blessé, l'emplacement exact du projectile avec l'indication de la profondeur à laquelle il se trouve.

De plus, un seul couple d'épreuves permet de localiser un nombre quelconque de projectiles ou de corps étrangers qui y figurent simultanément et de faire cette localisation non seulement par rapport à des repères cutanés marqués sur la surface du corps, mais par rapport à des sommets osseux ou à des points de repère quelconques pris sur le squelette.

La méthode précédente s'applique évidemment, d'une façon immédiate, à la radioscopie. On marque, une fois pour toutes, sur le verre qui protège l'écran radioscopique, les quatre repères en croix, ou les axes xx', yy'. Puis, plaçant sur cet écran une feuille mince de papier transparent à calquer, on y trace la position de ces quatre repères et les deux images du projectile pour les deux positions de l'ampoule. Tout opérateur ayant bien compris la méthode radiographique qui vient d'être exposée aura compris par là même ce qu'il aura à faire pour la généraliser au procédé radioscopique.

Il me semble résulter des nombreuses conversations que j'ai eues dans ces derniers temps avec divers opérateurs radiologistes qu'une division assez tranchée les sépare actuellement en deux camps. Les uns ne jurent que par la radiographie, les autres prétendent qu'en dehors de la radioscopie il n'est point de salut!

Il semble que la vérité doit, comme d'habitude, se trouver entre ces deux extrêmes.

Un examen radioscopique sommaire fait voir immédiatement s'il y a ou non un projectile et donne, du premier coup, un renseignement au moins approximatif sur sa position. Nous avons vu plus haut que cet examen radioscopique sommaire, et ne demandant que quelques secondes, sera des plus précieux pour centrer sur la plaque radiographique la région du corps où se trouve le projectile.

De plus, la manière dont se déplacera l'image du projectile, par rapport à celle des organes voisins, sous l'influence des mouvements respiratoires, dans le cas d'un projectile dans le thorax ou dans le ventre, par exemple, sera évidemment très utile à connaître et fournira au chirurgien des renseignements précieux.

Quant à la radiographie, elle a incontestablement pour elle la supériorité que comporte tout document *enregistré*. Un couple de clichés radiographiques renferme une foule de renseignements qu'on peut ne pas songer à utiliser de suite et qu'on sera très heureux d'aller leur demander après coup : une localisation de projectile par rapport à un repère osseux, par exemple.

Il n'y a donc aucune raison de voir deux rivales dans ces deux branches de la radiologie et de les séparer par une cloison étanche. Comme pour la plupart des branches de la science, les progrès de chacune d'elles ont leur répercussion sur ceux de l'autre, et elles doivent se prêter un mutuel appui pour venir en aide au traitement de nos courageux blessés.

E. Colardeau,
Professeur de Physique au Collège Rollin,
Chargé du Service radiographique
à l'Hôpital militaire de Trouville.

est bien à gauche de l'axe des y. Or, c'est en cette position moyenne que son image se serait formée si l'on avait laissé l'ampoule dans sa position initiale, c'est-à-dire sur la verticale élevée au centre de la plaque.

LA CULTURE DU RIZ EN EUROPE

Personne certes n'ignore que la culture du riz n'est pas exclusivement tropicale et qu'elle s'étend jusque sous les climats tempérés de notre Europe méridionale; mais peut-être sait-on moins quelle est exactement l'importance de cette culture européenne. Elle est pourtant assez grande pour que les intéressés, c'est-à-dire les riziculteurs et les propriétaires de rizeries, aient jugé utile, il y a une quinzaine d'années, d'instituer des Congrès internationaux uniquement consacrés à cette branche très spéciale de l'agriculture.

Le premier de ces Congrès eut lieu à Novara en 1901, le second à Mortara en 1903, le troisième à Pavie en 1906, le quatrième à Vercelli en 1912 ; et, en mai dernier, ce fut Valence, en Espagne, qui fut le siège du cinquième. Plusieurs centaines de congressistes y participèrent et en suivirent assidument les réunions. Sur notre proposition, faite au nom de l'Institut Colonial de Marseille, il fut décidé que le sixième serait tenu à Marseille, à l'occasion de l'Exposition coloniale que cette ville organise pour 1916 [1].

Il est donc à propos d'indiquer ce qu'est actuellement cette riziculture européenne.

I

Les principaux pays qui s'y adonnent sont l'Italie, l'Espagne, le Portugal et la Grèce. En France, notre seule région rizicole, et bien modeste, est la Camargue.

Les rizières d'Italie occupent une superficie d'environ 146.500 hectares, correspondant à une production moyenne (de 1909 à 1912) de 458 millions de kilogs de riz. Sur ces 146.500 hectares, il y en a, approximativement, 69.000 dans le Piémont, 55.000 en Lombardie, 13.500 en Vénétie. De bien moindre importance sont ensuite l'Emilie (8.000 hectares), la Toscane (640), les Abruzzes (2), la Campanie (10), et la Sicile (550). C'est donc l'Italie septentrionale qui est la grande zone rizière italienne. En Sicile, où on compte un minimum de production de 22 quintaux par hectare, les 550 hectares (160 salmes 4, une salme correspondant à 3 hect. 43) de champs de riz sont répartis dans les provinces de Syracuse (communes de Lentini, de Carlentini, d'Augusta) et de Catania (communes de Ramacca, de Belpasso, de Paterno et de Catania). Sur le territoire de Lentini et dans la plaine de Catania, la surface cultivée en riz était, il y a 20 ou 30 ans, de 1.500 à 2.000 hectares. La diminution actuelle est due à plusieurs causes, notamment à l'augmentation des prix de la terre et de la main-d'œuvre, à l'insuffisance d'eau et à l'extension de la culture des primeurs, plus rémunératrice.

En Espagne, la zone rizicole correspond au littoral oriental. Elle était représentée en 1912 par 38.948 hectares, dont la production était de 244.226.000 kilogs. La province où la culture du riz est surtout développée est celle de Valence (28.430 hectares en 1912). Vient au second rang la province de Tarragone (7.600 hectares), où l'embouchure de l'Ebre est une région propice à la végétation de la céréale aquatique. Les autres provinces productrices sont celles de Castellon (790 hectares), de Géronte (470), d'Alicante (430), de Murcie (290), d'Albacete (198). Il y a 290 hectares aux Baléares. Dans la province de Valence, les rizières sont surtout situées entre le rio Turia (ou Guadalaviar), qui passe à Valence, et le rio Jucar; elles occupent les rives du lac de l'Albufera et descendent de là vers le Jucar. Il y a des rizières basses, en terrains marécageux, vers la côte, dans la région de Sueca, et des rizières hautes, en terres normalement plus sèches, mais bien irriguées, dans la région d'Albérique.

C'est à Antella, près d'Albérique, que siège un de ces « tribunaux des eaux » dont la création remonte à une époque très ancienne et qui fonctionnent encore aujourd'hui comme à l'origine.

Les juges sont des cultivateurs élus par les riziculteurs eux-mêmes; leurs décisions sont sans appel et rendues séance tenante. L'amende est aussi immédiatement payée, sans paperasserie inutile. Et, nous affirmait au cours de notre visite à la « maison des eaux » le gouverneur civil de la province de Valence, jamais le jugement rendu ne soulève la moindre contestation. Tous les touristes qui passent à Valence savent que tous les jeudis un tribunal analogue y siège en plein air sur la Plaza de la Constitucion, devant la porte de los Apostoles.

Au Portugal, la superficie des rizières est d'environ 5.200 hectares, avec une production de 8 millions de kilogs environ. Les rizières sont réparties dans les districts de Lisbonne (3.900.000 kilogs), de Santarem (2.300.000), de Coimbra (800.000), Aveiro (360.000), Faro (210.000), Portalègre (170.000),

[1] Lorsque nous écrivions ces lignes, en juillet 1914, nous ne pouvions pressentir les événements, pourtant alors si proches, qui forceront sans doute l'Institut colonial à ajourner son projet et à renoncer au tour de faveur que nos confrères italiens avaient bien voulu nous accorder à Valence, en termes flatteurs pour la France et pour Marseille. Il avait été, en effet, antérieurement décidé que ce Congrès de 1916 aurait lieu à Bologne.

Leiria (110.000), Evora (80.000) et Beja (70.000). Les deux plus importants sont donc ceux de Lisbonne et de Santarem, qui produisent à peu près les 8/10 de la récolte totale; et les communes les plus rizicoles de ces deux districts sont celles d'Alcacer do Sal (1.400 hectares) et de Grandola dans le district de Lisbonne, et de Coruche et de Chamusca dans celui de Santarem. Il faut citer encore le domaine de Foja dans le bassin du Mondego, entre Coimbra et Figueira da Foz.

En Grèce, la culture du riz a jadis occupé une surface plus grande que celle qui y est consacrée aujourd'hui. On s'y livrait alors, en Béotie par exemple, dans des parties basses et marécageuses, mais, sur l'ordre du Gouvernement, elle y a été abandonnée pour cause d'insalubrité. Elle est donc maintenant limitée aux terrains irrigables et assainis. Dans l'Ancien Royaume, le riz n'est guère cultivé qu'en Thessalie, sur le domaine de M. G. Zographos, à Trikkala ; et la superficie occupée est de 1.325 stremmes, c'est-à-dire (le stremme égalant 10 ares) 133 hectares environ. Dans la Nouvelle-Grèce, les zones rizières sont en Epire et en Macédoine. En Epire, la province de Paramythia produit annuellement 1.500.000 ockes, c'est-à-dire (un ocke égalant 1.276 gr. 8) 1.915.000 kilogs, et celle de Margatiou 700.000 ockes, soit 894.000 kilogs. En Macédoine, la production est de 115.000 kilogs dans le district de Vodena, de 64.000 dans celui de Karatzava, de 25.000 dans celui de Yannitza. Ce serait donc un total, pour la Grèce, de 2.513.000 kilogs, si nous admettons — approximativement — que la récolte de Thessalie est de 800.000 kilogs.

En France, dans notre Camargue, les rizières sont disséminées par petites parcelles de quelques hectares (4, 10, 15, par exemple) au voisinage immédiat des mas. C'est une culture tout à fait accessoire, faite uniquement dans les terres qu'on veut dessaler par submersion. La récolte du riz, qui est la seule plante qui puisse être semée sur ces sols inondés, couvre les frais de la submersion. Une rizière ne reste ainsi, en général, qu'une année sur le même terrain, rarement deux lorsqu'on pense que le dessalement de la première année n'est pas suffisant. La superficie totale couverte par le riz est, dans ces conditions, excessivement variable : elle a été, en certaines années, d'un millier d'hectares, alors qu'elle n'est, en d'autres, que de 300 ou 400. Le rendement moyen est de 21 à 24 quintaux à l'hectare.

Les plus fortes récoltes de riz en Europe sont obtenues en Espagne, où elles peuvent être de 60 à plus de 73 quintaux. Ainsi, en 1912, la production moyenne aurait été de 73 quint. 21. En certaines rizières et avec certaines variétés, nous avons entendu parler de 80 à 94 quintaux.

En Italie, les maxima seraient de 55 à 60 quintaux seulement; et encore ne les obtient-on que sur certains domaines, comme le domaine Saviolo que nous visitions dernièrement dans le Vercellèse, et avec des variétés particulièrement productives comme le *Chinese originario*. Le *Bertone* ne fournit guère, au plus, que 30 à 35, et le *Ranghino* 35 à 45. Ce sont, d'ailleurs, ces deux dernières variétés qui sont surtout cultivées en Camargue.

Au Portugal, d'après le calcul que permettent d'établir la surface cultivée et la production totale que nous indiquions précédemment, le rendement moyen ne serait que de 15 quintaux 1/2.

Cette faible moyenne est, toutefois, due à ce que certaines régions anciennes et permanentes, très mal cultivées, sont de rapport infime ; et il y a, d'autre part, en d'autres rizières, des maxima qui atteignent parfois ceux d'Italie. On aurait obtenu 45 quintaux avec le *Birmania*.

En Grèce, les rendements oscilleraient entre 100 et 350 ockes par stremme, soit 12 à 45 quintaux par hectare.

II

Les résultats merveilleux auxquels parviennent les *arroceros* espagnols sont la conséquence à la fois d'un emploi intensif des engrais et de la pratique du repiquage.

L'Espagne est peut-être, en effet, le seul pays à climat tempéré où les riz soient régulièrement repiqués. En Italie, en Grèce, en Portugal, les riz, comme aux Etats-Unis, sont semés directement.

Cette opération du repiquage, qui est le procédé

Fig. 1. — *L'embourbage avant le repiquage à Silla* (Espagne).

le plus ordinaire dans les pays chauds où plusieurs cultures sont souvent faites sur le même terrain dans le cours d'une même année, a lieu en Espagne dans le courant de mai.

Les plants à repiquer, qui ont alors 25 centimètres environ de hauteur, proviennent de pépi-

nières qui ont été établies par le riziculteur lui-même, ou bien sont achetés par ce riziculteur à d'autres cultivateurs, qui, dans la région haute d'Albérique, notamment, font des pépinières

Fig. 2. — *Le repiquage du riz à Silla* (Espagne).

spécialement pour la vente de ces plants.

Les semis dans la pépinière (*campo de plantel*) ont été effectués en mars. Pendant que les plantules germent, le terrain définitif (*campo arrozal*) a été préparé. Ce terrain, si c'est une rizière basse, est resté inondé pendant l'automne et le commencement de l'hiver, servant de refuge à de nombreux oiseaux aquatiques que les Valenciens viennent chasser. Les travaux préparatoires consistent essentiellement en un premier embourbage, puis un labour à sec, puis un nouvel embourbage (fig. 1) sous l'eau. L'embourbage, ou *fanguecha*, a pour but d'émietter la terre et de rendre le sous-sol aussi imperméable que possible; il est pratiqué par le piétinage des chevaux ou bien avec des herses.

Les pieds qu'on repique sont espacés de 25 centimètres à peu près (fig. 2 et 3). Le champ étant légèrement inondé, ce repiquage est opéré, comme toujours, par le simple enfoncement dans la boue d'une touffe de 3 à 5 pieds.

Dans la suite, on dessèche (*aixugo*) au moins une fois la rizière pour la sarcler.

La moisson est faite à la main avec des faucilles. Elle peut déjà avoir lieu en août pour quelques variétés très hâtives, mais le vrai moment est du milieu de septembre au milieu d'octobre.

L'égrenage est encore très souvent opéré par le piétinage des chevaux ou des hommes; cependant, les riziculteurs espagnols emploient de plus en plus les machines. Le riz est enfin séché sur des aires et rentré dans les magasins. Dans la zone qui entoure le lac de l'Albufera, le transport des gerbes ou des sacs de riz est fait par eau sur les nombreux canaux qui sillonnent les rizières. Les barques (fig. 4) sont manœuvrées à la voile, ou poussées avec des perches, ou tirées avec des cordes, sur les petits chemins de halage.

Les vieilles variétés espagnoles, *Amonquili* et *Bomba*, sont aujourd'hui très délaissées; la variété la plus communément cultivée est le *Benlloch*, qui est dérivé du *Chinese originario* des Italiens.

La plupart de ces rizières espagnoles sont permanentes. Dans toute la zone basse, le riz est indéfiniment la seule plante cultivée; dans la zone haute, on cultive bien aussi sur le même sol des légumineuses, mais c'est simplement, d'ordinaire, pour les enfouir en vert.

En Italie, au contraire, la rizière assolée est celle qui prédomine, puisque les rizières du Piémont et de la Lombardie sont des rizières hautes, irriguées. Dans le Vercellèse, par exemple, le riz n'est ensemencé sur un même terrain que pendant trois ou quatre ans, après lesquels on fait une culture de blé; puis on met pendant un ou deux ans en prairie.

Ces rizières du Vercellèse, irriguées par le canal Cavour, sont divisées en pièces, ou *appezamenti*, de 6 hectares environ, que bordent des saules et des peupliers. Chaque pièce est subdivisée par des digues dont le nombre et la position dépendent de l'inclinaison des terres; enfin, chaque surface (ou *piano*) comprise entre deux digues est divisée encore, par de petites rigoles, en *prosoni*, qui sont des planches de 6 à 7 mètres de largeur.

Fig. 3. — *Une rizière récemment repiquée, à Alberique* (Espagne).

La terre, dans le Vercellèse, est préparée en mars. L'eau est amenée en avril; puis on sème, et on élève ensuite progressivement la couche d'eau jusqu'au maximum de 20 à 25 centimètres. Dans la suite, la rizière n'est mise à sec qu'au moment du

sarclage, qui a lieu dans le cours des trois dernières semaines de juin. L'eau est ensuite ramenée et on ne la laisse s'écouler que huit jours avant la moisson.

Celle-ci est faite à la fin d'août pour les variétés hâtives comme le *Bertone*, mais à la fin de septembre pour l'*Originario*, qui est le plus tardif et qui est aujourd'hui la variété la plus cultivée. Nous avons dit que c'est aussi la plus productive.

Après battage, le riz peut être séché sur des aires en ciment ou bien en terre mélangée de goudron. Toutefois, alors que, sous le climat plus sec de Valence, ce séchage à l'air est à peu près la seule méthode connue, le climat beaucoup plus pluvieux du Nord de l'Italie a amené les riziculteurs de ce pays à chercher à remplacer, au moins en partie,

Fig. 4. — *Un canal dans les rizières, près du lac de l'Albufera* (Espagne). — Barque pour le transport des riz.

le séchage naturel par le séchage artificiel; et l'usage des séchoirs est ainsi très répandu, à l'heure actuelle, en Italie septentrionale. Au Congrès de 1912, à Vercelli, il n'y avait pas moins de 30 modèles de séchoirs exposés.

En plus du *Bertone* et de l'*Originario*, les variétés de riz les plus cultivées sont le *Ranghino*, l'*Ostiglia* et le *Nero di Vialone*. En Sicile, on a à peu près complètement abandonné l'ancienne variété *Nostrale*, qui était très tardive (octobre), et on l'a remplacée par le *Bertone* et l'*Ostiglia* qui mûrissent normalement en août. Toutefois, l'*Ostiglia* n'ayant pas été renouvelé, sa maturité est parfois retardée et n'a lieu qu'en septembre, d'après M. Lo-Jacono. En général, en Sicile, le riz ne revient sur un même terrain qu'à des intervalles de temps assez longs (sept à huit ans), et en alternance avec des pâturages, du blé, des artichauts, etc.

Au Portugal, d'après des renseignements fournis au Congrès de Vercelli par M. J. Rasteiro, les procédés culturaux sont à peu près les mêmes dans toute l'étendue du pays; les seules différences sont dues à la provenance et à l'abondance plus ou moins grande des eaux et aux conditions climatiques. A Foja, par exemple, dans les bassins du Mondego, les terrains consacrés au riz sont submergés pendant cinq ou six mois; les labours ne peuvent donc être faits qu'immédiatement après la récolte, et encore parfois ne peut-on les terminer complètement et se contente-t-on d'un simple hersage. En d'autres endroits, au contraire, l'eau est si rare que les irrigations sont seulement périodiques.

Les labours sont faits avec la charrue ou avec la bêche. Des digues longitudinales sont construites après le labourage; puis on fait pénétrer l'eau, et c'est d'après les inégalités de terrain qu'indique la surface de cette eau qu'on établit les digues transversales. Les semis ont lieu depuis février jusqu'à la fin d'avril suivant la région, avec des graines que, comme en Espagne, on a, au préalable, fait tremper.

Comme en Italie, les semis sont directs. A Foja on les fait en bateau.

Lorsqu'il y a possibilité, on met la rizière à sec quinze jours après les semailles, et on laisse ainsi les racines se bien fixer pendant quatre ou cinq jours. Entre mai et août on procède à un ou trois sarclages. La moisson est faite en septembre. On bat au fléau, ou par piétinage, ou avec des machines.

Les variétés de riz cultivées sont assez nombreuses, et semblent, du reste, assez imparfaitement déterminées. En général, on appelle *arroz Carolino* les riz sans barbes, et *arroz da terra* (ou du pays) les riz barbus. Dans les districts de Lisbonne et de Santarem, on a essayé en ces dernières années des variétés étrangères, dont quelques-unes, comme le *Bertone*, le *Ranghino*, le *Nero di Vialone*, l'*Ostiglia*, sont aujourd'hui régulièrement cultivées.

Dans le district de Portalègre, on cultive beaucoup un riz barbu *de Veneza*. Dans le district d'Aveiro, la variété la plus commune est un *arroz da terra*.

Sur les procédés employés en Grèce nous sommes assez mal renseignés. L'embourbage est effectué dans la rizière inondée, au moyen de planches en bois traînées par des animaux. On sème au printemps; les semis sont plus serrés en Epire et en Macédoine que dans le Vieux-Royaume. En Thessalie, c'est la culture par rotation; le riz ne revient sur le même sol que tous les trois ou quatre ans, et les cultures alternantes sont du blé, du coton ou du maïs. On sarcle avec soin et on moissonne à la faucille en juillet, août ou au commencement de septembre. Les variétés indigènes sont un *riz blanc* (*Aspro*) et un *riz rouge* (*Kokino*). Le premier est le

meilleur, mais le plus hâtif et le moins productif. Les variétés espagnoles et italiennes qu'on a essayées ont donné de bons résultats.

En Camargue, on cultive principalement le *Bertone*, beaucoup moins le *Ranghino*. Nous avons déjà vu que les rizières, là, ne restent le plus souvent qu'un an sur le même terrain, qu'il s'agit, avant tout, de dessaler par submersion; on y cultive ensuite du blé ou de la luzerne, ou on y plante des vignes. Si, plus tard, le sel réapparaît en trop grande quantité et gêne de nouveau la végétation de la Céréale ou de la Légumineuse, on remet pendant un an en rizière, pour « assainir ».

Pour la submersion, l'eau du Rhône est amenée directement ou indirectement. Lorsque la ferme est sur le bord même du fleuve, comme au Mas de Grille, près du Petit Rhône, une seule machine suffit pour élever l'eau dans le champ. Lorsque la ferme est plus éloignée, comme au Mas Cabassole, qui, sur les bords de l'étang de Vaccarès, est à une certaine distance du Grand Rhône, une première machine élévatoire conduit l'eau du fleuve dans les canaux ou roubines, et c'est une seconde machine qui fait passer l'eau de cette roubine dans le champ. Évidemment les frais, dans ces conditions, sont assez grands.

Les semis, dans le delta, ont lieu en avril ou au commencement de mai, selon que la saison est plus ou moins favorable. Ils sont faits dans l'eau ou à sec avec des graines au préalable trempées. Au Mas Cabassole, on nous indiquait récemment qu'on semait environ un quintal de grain par hectare. En général on ne fume pas, et le sarclage est très rare. On moissonne vers la fin de septembre, rarement plus tôt. Nous avons dit que le rendement moyen est de 21 à 24 quintaux.

La récolte, après battage et séchage à l'air, est vendue à Arles; les courtiers en revendent la plus grande partie aux usiniers de Marseille et de Modane.

III

Dans les autres pays où la culture du riz a une plus grande importance, on sait que le travail de préparation de ce riz est poussé plus ou moins loin suivant qu'il est fait dans de petites rizeries agricoles, pourvues elles-mêmes d'un outillage plus ou moins complet, ou dans de grandes rizeries industrielles.

En Italie, certaines rizeries attenantes aux fermes se contentent de décortiquer et de blanchir grossièrement, pour revendre ensuite aux grandes usines le produit obtenu; d'autres, déjà beaucoup mieux agencées, préparent non seulement des riz complètement blanchis, mais encore du riz camolino et du riz glacé. Ce n'est donc, en somme, que par la moindre puissance de leur outillage que ces dernières rizeries diffèrent des grandes usines où l'on travaille soit le riz encore cortiqué (*paddy*), soit le riz déjà grossièrement blanchi, quoique encore mélangé de riz cortiqué (*riz cargo*).

Les riz glacés ne sont d'ailleurs préparés en Italie que pour l'exportation à l'étranger ou pour la consommation dans les grandes villes du royaume comme Rome et Milan. Les Italiens consomment surtout du riz simplement blanchi (*riso mercantile*) ou du riz huilé (*riso camolino*).

Pour ce camolinage, le riz blanchi est passé dans de grands tambours horizontaux avec addition d'une petite quantité d'huile, qui est de l'huile de noix ou de l'huile de vaseline ou, de préférence actuellement, de l'huile de ricin.

Pour le glaçage, le passage dans le tambour lustreur a lieu au contact d'une faible quantité d'une solution glucosique diluée et de talc.

En Espagne on glace rarement. La plupart des riz sont des riz blanchis, et ils proviennent de petits moulins qui sont encore d'importance très variable, depuis celui qui, mû à bras, produit de 15 à 20 kilogs par heure, ou celui qui, avec un petit moteur de 2 ou 3 chevaux, obtient de 80 à 125 kilogs, jusqu'à celui qui fournit 300 kilogs.

Au Portugal, il y a, dans toutes les régions rizières, beaucoup de moulins à vent ou à eau où l'on se contente de décortiquer pour la consommation locale; il y a aussi dans le district d'Aveiro des usines plus perfectionnées. Mais la plus grande partie de la récolte est traitée dans les magnifiques rizeries que la « Nova Campanhia Nacional de Moagem » possède à Lisbonne et dans les environs; le riz y est complètement blanchi, et même glacé.

En Grèce, les riz sont aussi généralement décortiqués sur place dans de petites installations rudimentaires; en Thessalie seulement, à Trikkala, il y a une grande rizerie toute moderne.

On sait, d'ailleurs, que toutes ces grandes rizeries sont aujourd'hui établies sur le même type; toutes sont pourvues du même outillage allemand. La décortication est opérée avec des meules horizontales ou verticales; une table à secousses sépare, après le passage à la meule, le riz décortiqué et celui qui ne l'est pas. Le riz décortiqué est ensuite blanchi dans les appareils à cônes, d'où il passe aux hélices, puis aux brosses. Il est classé dans des trieurs à alvéoles.

Selon que l'usine est plus ou moins importante, il y a plus ou moins d'appareils à cônes, et il y a, ou non, des hélices ou des brosses, qui sont aussi, les unes et les autres, plus ou moins nombreuses.

L'uniformité de cet outillage enlève beaucoup d'intérêt à la question industrielle dans les Congrès internationaux de riziculture.

Au sujet de ces Congrès, il faut remarquer qu'ils ont été jusqu'alors surtout suivis par les cultivateurs et les spécialistes européens.

L'originalité de celui qui aura lieu ultérieurement à Marseille sera la grande part qu'y prendront pour la première fois les riziculteurs et les techniciens coloniaux.

Henri Jumelle,
Professeur à la Faculté des Sciences,
Directeur des Travaux scientifiques de l'Institut Colonial de Marseille.

REVUE DE CHIMIE MINÉRALE

Nous avons signalé, dans la précédente Revue de Chimie minérale, quelques-uns des travaux effectués par Moureu et ses élèves sur les gaz rares présents dans les mélanges gazeux qui se dégagent aux griffons des sources thermales. Sur 70 sources étudiées, presque toutes françaises, présentant une grande variété dans leur minéralisation comme dans leur origine géologique, on a observé la présence constante de l'azote, du gaz carbonique, et des cinq gaz rares : hélium, néon, argon, krypton et xénon. En outre, l'émanation du radium a été trouvée dans toutes les sources où on l'a recherchée. Les proportions des gaz rares varient dans des limites assez grandes : depuis 0,019 °/₀ à Vichy, jusqu'à 10,88 °/₀ à Santenay. Dans ces mélanges gazeux, on ne trouve que des traces de néon ; les quantités de xénon et de krypton y sont toujours extrêmement faibles. Les proportions d'hélium, d'argon et de l'émanation du radium y sont très variables. Les plus fortes quantités d'émanation de radium se rencontrent dans les gaz provenant des eaux de la Bourboule, de Bagnères-de-Luchon, de Plombières. Etant donné le débit de certaines d'entre elles (Bourboule), ces sources déversent sans cesse dans l'atmosphère des quantités relativement grandes de gaz rares, spécialement d'hélium et d'émanation. Moureu et Lepape ont montré que, si les volumes des différents gaz sont variables, les rapports en volume du krypton à l'argon, du xénon à l'argon, du krypton au xénon, et de chacun de ces gaz à l'azote, présentent une constance remarquable, dont les valeurs moyennes respectives sont très voisines des valeurs des rapports correspondants dans l'air atmosphérique.

Ils ont expliqué cette constance au moyen d'une hypothèse très simple. On sait que le caractère fondamental des gaz rares de l'air est leur inertie chimique ; d'autre part, ils possèdent la faculté de conserver l'état gazeux dans de très larges limites de température et de pression et, par suite, de tendre toujours à se répartir d'une manière uniforme dans l'espace offert à leur expansion. Or, si on se reporte par la pensée à l'histoire de la genèse du système solaire jusqu'à la nébuleuse génératrice, tous les corps sont à l'état gazeux, et la masse y est vraisemblablement un mélange relativement homogène dans toutes ses parties. Le fragment constitutif de la Terre se détache, formant bientôt ses trois couches concentriques : masse incandescente en fusion, écorce solide hétérogène, atmosphère gazeuse. Les phénomènes géologiques, lents et continus ou brusques et violents, se poursuivent sans interruption, et, pendant cette évolution de la planète, tous les corps doués d'affinités chimiques se combinent. Seuls, les gaz rares, en raison de leur inactivité, sont demeurés totalement libres, et en perpétuel mouvement. On doit donc retrouver un peu de chacun d'eux dans les divers mélanges gazeux de la Nature. Ils existent, en effet, dans l'atmosphère, dans les gaz qui se dégagent au griffon des sources et vraisemblablement dans les grisous.

Moureu et Lepape ont examiné les grisous les plus divers et ils ont constaté, en effet, qu'ils contiennent non seulement l'azote, mais les cinq gaz rares. Les proportions de ces derniers sont toujours beaucoup plus faibles que celle de l'azote. Le grisou des mines d'Anzin ne contient que 6,5 dix-millièmes de ces gaz. Ici, encore, les teneurs en krypton et xénon sont toujours infimes et négligeables devant celles d'argon ; la quantité de néon est également très faible. Les proportions d'argon sont comprises entre 3 cent-millièmes (grisou de Mons) et 4 dix-millièmes (grisou de Liévin). Celles d'hélium varient entre 3 millionièmes (Lens) et 5 dix-millièmes (Mons). Si l'on tient compte des forts débits qu'ils présentent généralement, il en résulte que des quantités considérables d'hélium sont déversées par cette voie dans l'atmosphère. Elles dépassent de beaucoup les quantités déversées par les sources thermales les plus riches. Mais, tandis que les dégagements gazeux de ces dernières sont constants et durables, les soufflards des grisous s'épuisent généralement en quelques années. Dans le cas des grisous comme dans le cas des gaz des sources, on trouve une constance dans les rapports krypton et argon, xénon et argon, xénon et krypton, et dans celui de chacun de ces gaz avec l'azote, et la valeur de ces rapports est encore voisine de celle des rapports de ces gaz avec l'azote dans l'air. Une telle coïncidence ne peut se comprendre que si

tous ces azotes bruts (azote et gaz rares) ont une origine commune, et Moureu pense que ces gaz ont été occlus dans les roches de l'écorce terrestre au moment de sa solidification, et ont dû se maintenir peu différents de ce qu'ils étaient au début. Cette hypothèse, d'ailleurs très vraisemblable, montre que les gaz du grisou ne sont pas issus de la houille.

Cette étude remarquable de Moureu et Lepape montre toute la variété des problèmes que l'on est conduit à envisager, quand on étudie la dissémination des gaz rares dans la Nature.

La préparation de l'hydrogène à bon marché devient à l'heure actuelle une des préoccupations les plus passionnantes du monde industriel. On sait, en effet, que les méthodes d'hydrogénation catalytique, en particulier la solidification des huiles, prennent un développement considérable. Elles exigent un hydrogène pur et à un prix de revient très bas. La fabrication directe de l'ammoniac par le procédé de la Badische nécessite également l'emploi de l'hydrogène à bon marché. D'autre part, les progrès réalisés par l'aéronautique militaire ont été un des facteurs importants qui ont le plus contribué à diriger les recherches pour améliorer le prix de revient de la fabrication de l'hydrogène.

Parmi les procédés actuellement connus, celui qui consiste à électrolyser l'eau ne peut convenir, en raison même du prix de revient du mètre cube d'hydrogène, qui est de 50 à 60 centimes.

L'emploi du silicium, en présence de soude diluée constitue un procédé aisé de production d'hydrogène. Il permet de le fabriquer dans tel endroit qu'il convient, et cela est particulièrement heureux pour le gonflement des aérostats et des dirigeables. Les usines de la Compagnie générale d'Electrochimie de Bozel, en Savoie, fournissent aujourd'hui du silicium à 95 °/₀ à 0 fr. 90 le kilogramme. 1 kilog de ce produit dégage environ 1 mètre cube 1/2 d'hydrogène.

Le procédé le plus économique consiste à utiliser la vieille réaction de la vapeur d'eau sur le fer chauffé au rouge. Le fer en limaille, les morceaux de fer, sont disposés sous forme de briquettes, à l'aide de matières infusibles, alumine, bauxite, etc. Sur ces briquettes, chauffées entre 600 et 800°, dans des tubes en fonte, on dirige un courant de vapeur d'eau. Il se produit de l'hydrogène et de l'oxyde magnétique de fer:

$$3Fe + 4H^2O = Fe^3O^4 + 4H^2.$$

Lorsque le fer est totalement transformé en oxyde, la réaction s'arrête. On revivifie le catalyseur, en dirigeant sur les briquettes, ou sur les masses d'oxyde de fer, un gaz réducteur à bon marché. Le fer régénéré peut recommencer la réaction ci-dessus. Le prix de revient du mètre cube d'hydrogène serait de dix à douze centimes, et ce prix est très convenable pour l'industrie.

I. — Métalloïdes.

Dans la préparation classique de l'acide fluorhydrique par le fluorure de calcium et l'acide sulfurique, on trouve toujours dans le résidu un peu de fluosulfonate de calcium, ce qui a pour effet d'abaisser le rendement en HF. Ruff et Braun ont montré que le rendement en acide fluorhydrique est maximum si l'on emploie un acide à 90 °/₀ de SO^4H^2. Avec de l'acide à 97-100 °/₀ de SO^4H^2, le rendement est de 60 °/₀, et l'hydracide obtenu n'est jamais anhydre. Si l'on se sert d'acide sulfurique fumant, on obtient l'acide fluosulfonique, avec un rendement qui croit avec la richesse en SO^3. La réaction a lieu suivant l'équation : $CaF^2 + SO^4H^2 + 2SO^3 = 2FSO^3H + SO^4Ca$, et le rendement est presque théorique si l'acide sulfurique est à 60 °/₀ de SO^3. L'opération, qui peut être effectuée dans un appareil en fer, fournit un liquide bouillant à 162°, très stable sous l'action de la chaleur, même à 900°, réagissant violemment sur le chlorure et le fluorure de sodium, en donnant le fluosulfonate de sodium. Les réducteurs dédoublent l'acide fluosulfonique en SO^2 et HF; par contre, il est sans action sur l'acide sulfurique.

Mathews a préparé l'acide perchlorique en distillant 100 grammes de perchlorate de potassium avec 60 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré sous pression de 10 centimètres; la concentration de ClO^4H obtenu varie de 88 à 98 °/₀. En utilisant le perchlorate de sodium et l'acide chlorhydrique, on produit jusqu'à 95 °/₀ d'acide perchlorique. D'autre part, Willard aurait préparé à l'état pur le premier anhydride interne de l'acide perchlorique normal, $Cl(OH)^7$, soit $ClO^4H.2H^2O$, en faisant bouillir le perchlorate d'ammonium avec la quantité nécessaire d'acide azotique dilué, et ajoutant graduellement un peu d'acide chlorhydrique. Ce procédé simple, rapide et peu coûteux, ne fournit que de l'oxyde azoteux et du chlore pendant la réaction. L'acide ainsi obtenu n'est ni vénéneux, ni explosif. Très stable, il ne produit aucune oxydation au-dessus de son point d'ébullition qui est de 203° et il peut être employé à déplacer de leurs sels tous les acides volatils.

Garcia Banus a décrit un dispositif permettant d'obtenir facilement des quantités importantes d'acide bromhydrique dans les laboratoires. Il consiste à faire couler du brome, régulièrement, sur une bouillie épaisse, faite de phosphore rouge

et d'une solution aqueuse de KBr. Le gaz est purifié dans un tube en U, contenant des cristaux de KBr mélangés de phosphore. Avec un appareil fonctionnant sans aucun joint de caoutchouc, on peut, en quelques minutes, préparer 250 grammes de HBr.

On sait que l'eau et le gaz sulfureux réagissent à des températures inférieures à 160°, et même à la température ordinaire. La réaction est d'autant plus lente que la solution sulfureuse est moins concentrée et la température moins élevée. On avait reconnu antérieurement qu'au-dessus de 160° la transformation produit du soufre et de l'acide sulfurique, selon l'équation : $3SO^2 + 2H^2O = 2SO^4H^2 + S$.

Jungfleisch et Brunel ont établi que ce sont là, en effet, des termes ultimes de la réaction et que cette production de soufre et d'acide se réalise en deux phases. Dans une première, l'eau et le gaz sulfureux réagissent en donnant naissance à de l'acide hydrosulfureux et de l'acide sulfurique; dans une seconde, l'acide hydrosulfureux se dédouble en soufre et acide sulfurique :

$$3SO^2 + 2H^2O = S^2O^4H^2 + SO^4H^2;$$
$$S^2O^4H^2 = S + SO^4H^2.$$

Ces transformations paraissent accompagnées d'actions secondaires, mais celles-ci ne portent que sur des quantités extrêmement faibles de matières.

Si on connaît l'oxychlorure de sélénium $SeOCl^2$, analogue au chlorure de thionyle $SOCl^2$, par contre, on n'avait pas préparé jusqu'ici le bromure $SeOBr^2$, analogue à $SOBr^2$. Glauser l'a obtenu en distillant l'oxychlorure de sélénium avec du bromure de sodium : $SeOCl^2 + 2NaBr = SeOBr^2 + 2NaCl$. Le liquide rouge obtenu se solidifie en formant des aiguilles qui fondent entre 30 et 40° et se dissolvant dans l'acide sulfurique. Cet oxybromure de sélénium a été également obtenu par la méthode qui avait fourni l'oxychlorure, en faisant passer des vapeurs de $SeBr^4$ sur SeO^2 légèrement chauffé.

La découverte du premier phosphure d'hydrogène solide est due à Le Verrier. Thénard lui assigna la formule P^2H et il le préparait par décomposition du phosphure liquide très instable, P^2H^4. Stock l'obtint en faisant passer sur un corps poreux soluble, tel que le chlorure de calcium desséché, le mélange des hydrures de phosphore PH^3 et P^2H^4 obtenus par l'action de l'eau à 60° sur le phosphure de calcium. Hackspill ayant préparé les quatre phosphures alcalins, de formule P^5M^3, par action directe des vapeurs de phosphore sur les métaux, il les a traités par HCl ou mieux par l'acide acétique dilué. Ils fournissent un composé jaune clair de composition P^5H^2. D'autre part, le phosphure de Stock, chauffé dans le vide à 80°, fournit d'abord un rapide dégagement de phosphure gazeux, qui se ralentit au bout de quelques heures, lorsque le corps restant dans la nacelle correspond à la formule P^5H^2. Ces faits démontrent l'existence d'un phosphure d'hydrogène solide P^5H^2, sorte d'acide, donnant des phosphures métalliques de formule P^5K^2, P^5Rb^2, etc., et auquel correspondent également des phosphures métalliques qui ne peuvent être groupés en une formule analogue. Bossuet et Hackspill se sont proposés de les identifier. Ils ont effectué tout d'abord la dissolution du phosphure de rubidium dans l'ammoniac liquéfié. Ayant obtenu des cristaux jaunes transparents de formule $P^5Rb^2.5AzH^3$, ils ont fait réagir leur dissolution ammoniacale sur les nitrates des métaux lourds solubilisés également dans l'ammoniac liquide. Par double décomposition, ils ont obtenu des précipités jaunes pour les nitrates alcalino-terreux, brun pour l'argent, noirs pour les autres :

$$P^5Rb^2 + (AzO^3)^2Pb = P^5Pb + 2AzO^3Rb.$$

Celui du plomb a été isolé, et l'analyse montre qu'il correspond au phosphure P^5H^2. Bien que la grande oxydabilité des autres phosphures n'ait pas permis l'analyse, on peut penser qu'ils dérivent du même phosphure d'hydrogène. Ces faits permettent de ramener actuellement la constitution des différents phosphures métalliques à deux groupes : les premiers, dérivés de PH^3, sont les phosphures de sodium et de potassium, PNa^3 et PK^3, décrits par Joannis; les seconds dérivent de P^5H^2.

La question des hydrures de bore est encore bien obscure. Une combinaison de bore et d'hydrogène paraît avoir été entrevue par Davy, parmi les produits de la décomposition par l'eau du borure de potassium impur. Les recherches de Jones et Taylor permettent de regarder comme vraisemblable l'existence du composé BH^3, dans les produits de l'action de HCl sur le borure de magnésium, Mg^3B^2. Les recherches de Jones et Taylor, reprises ultérieurement par Ramsay et Hatfield, ont conduit à assigner à ce gaz la formule B^3H^3. Moissan et William auraient isolé un composé B^2H, à partir des borures alcalino-terreux. Enfin, Gattermann, puis Winkler, admettent l'existence d'un hydrure solide B^8H, qui se décompose au rouge sombre. En traitant par les acides étendus le produit de la réduction de l'anhydride borique par le magnésium, Stock et ses élèves ont obtenu un dégagement d'hydrogène, mélangé de certains gaz à odeur désagréable, brûlant avec une flamme verte, donnant un précipité noir dans le nitrate d'argent. Ces gaz sont condensables à basse température. Pour avoir le meilleur rendement en borures d'hydrogène, il faut faire tomber le borure de magnésium dans l'acide, et non l'acide sur le borure, pour que le gaz dégagé se trouve au

moment de sa formation en milieu fortement acide. Après condensation par l'air liquide, on a isolé deux hydrures de bore, B^4H^{10} et B^6H^{12}.

Le premier, B^4H^{10}, bout à 10° et fond à — 112°. Il est lentement décomposé par l'eau avec formation d'acide borique; les solutions alcalines l'absorbent immédiatement. Il se décompose lentement à la température ordinaire, rapidement à 100°, en fournissant de l'hydrogène et un nouvel hydrure de bore B^2H^6, bouillant à — 87° sous 760 millimètres, et fondant à — 160°. A — 112°, température de fusion du sulfure de carbone, il possède une tension de 224 millimètres, ce qui permet de le séparer de H et de B^4H^{10} non décomposé, ainsi que des autres composés borés non volatils à cette température. Ce borure, B^2H^6, qui serait en somme l'analogue de celui de Jones et Taylor, est ainsi bien défini par ses constantes physiques. Il est immédiatement décomposé par l'eau en acide borique et hydrogène :

$$B^2H^6 + 6H^2O = 2B(OH)^3 + 6H^2.$$

Il forme un mélange détonant avec l'hydrogène. La lumière ultra-violette, les étincelles, la chaleur, le décomposent avec production d'un composé solide blanc, cristallisé en aiguilles volatiles dans le vide, fondant à 99°,5. C'est un nouvel hydrure de bore $B^{10}H^{14}$, à odeur très forte, rappelant celle de l'acide perosmique. Il est soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène, le sulfure de carbone; il réduit le permanganate de potassium et n'est pas attaqué par l'eau.

Le second borure d'hydrogène, B^6H^{12}, obtenu dans la décomposition du borure de magnésium par HCl, bout à 100°. Il est encore moins stable que l'hydrure B^4H^{10}. Il prend feu spontanément à l'air et se décompose spontanément en laissant déposer un produit solide. Il dégage immédiatement H en présence des solutions alcalines.

On peut dès lors considérer comme certaine l'existence de trois hydrures de bore bien définis : B^2H^6, B^4H^{10} et B^6H^{12}. On remarquera que les formules des deux premiers les rapprochent des carbures d'hydrogène saturés, éthane et butane, ce qui permettrait de supposer que le bore est tétravalent dans ses combinaisons avec l'hydrogène.

J'ai signalé, dans les précédentes Revues, l'existence du sous-azoture de carbone C^4N^2. Moureu et Bongrand ont montré qu'il jouit d'une remarquable activité chimique. Il réagit avec une grande netteté et parfois avec violence sur les corps les plus divers : halogènes, ammoniac, amines, alcools, sels d'argent, etc. L'attaque du sous-azoture de carbone par le gaz ammoniac est immédiate et extrêmement énergique; elle est encore très vive quand les deux substances antagonistes ont été au préalable diluées dans une grande quantité de solvant. Il se fixe une molécule d'ammoniac, et on obtient l'aminobutène-dinitrile :

$$NH^3 + C^4N^2 = (CN.CNH^2 : CH.CN.).$$

Les amines primaires et secondaires réagissent également violemment sur le sous-azoture en se fixant sur la liaison acétylénique de ce corps. On obtient ainsi les composés CN.CNHR : CH.CN et CN.CNR² : CH.CN, qui s'hydrolysent sous l'action des acides étendus, en régénérant la base, HCN et l'acide-nitrile, $CO^2H.CH^2.CN$.

$$C^4N^2.NH^2R + 2H^2O = NH^2R + HCN + CO^2H.CH^2CN.$$

En chauffant à 180° du tétraiodoimidazol desséché, dans un tube, et faisant ensuite passer dans ce tube un courant de CO^2, il se dégage des vapeurs d'iode et il se forme un iodoazoture de carbone $(C^3N^2I)^n$. En élevant ensuite rapidement la température jusqu'à 420°, tout l'iode est éliminé et il reste un sous-azoture de carbone $(C^3N^2)^n$ (Pauly et Waltzinger).

Au cours de la préparation du tellurure de carbone CTe^2, que nous avons signalée l'an dernier, Stock avait vu se former entre autres produits du sous-sulfure de carbone C^3S^2. En répétant l'expérience à l'aide d'électrodes de tellure plus fortes (12 millimètres de diamètre), où le tellure était additionné de graphite, cet auteur a obtenu le sulfotellurure de carbone CSTe, qui dans ses solutions se dédouble par la chaleur ou la lumière presque entièrement en sulfure de carbone et des substances noires, mal définies, dont la composition est voisine de CTe^2. Le sulfotellurure de carbone est liquide. Il présente une odeur alliacée, faiblement piquante. Au-dessous de — 54°, il forme des cristaux stables, orangés, fusibles à cette température en un liquide rouge vif, très altérable à la température ordinaire. Les solutions dans le sulfure de carbone ou le benzène sont rouges et assez stables.

La préparation du sulfoséléniure de carbone $C \begin{cases} S \\ Se \end{cases}$ est calquée sur la précédente. Les rendements sont meilleurs, parce que ce composé est plus stable que le sulfotellurure. C'est un liquide jaune foncé, stable à l'air, à odeur d'oignon, excitant les larmes. Il bout à 84° et fond à — 85°. Il est inattaqué par l'eau, mais altéré par la chaleur, la lumière, le mercure, en donnant CS^2.

Dans son étude des carbures métalliques, Henri Moissan a montré que certains de ces composés donnaient sous l'action de l'eau des mélanges très complexes de carbures d'hydrogène. Les carbures des métaux des groupes cérique et yttrique, de l'uranium, du thorium, fournissent, en effet, outre des carbures d'hydrogène liquides et solides, des

produits gazeux formés par de l'hydrogène, du méthane, de l'éthylène et de l'acétylène. Dans le gaz provenant du carbure de thorium, il a signalé, en outre, la présence d'homologues supérieurs de l'éthylène. Lebeau et Damiens ont repris cette étude, en appliquant les méthodes d'analyse d'hydrogène et des mélanges d'hydrocarbures saturés gazeux, et de dosage des carbures acétyléniques et éthyléniques dans ces mélanges gazeux.

Dans la première, ils ont montré que l'on pouvait facilement éliminer l'hydrogène et le méthane d'un mélange d'hydrocarbures gazeux, en faisant le vide sur les gaz liquéfiés maintenus à la température de l'air liquide. Ensuite, en tenant compte des différences de tension des carbures d'hydrogène liquéfiés, ils ont établi qu'à certaines températures il était possible de les séparer en portions ne renfermant que deux carbures connus qui pouvaient être analysés par l'eudiomètre. Cette méthode fournit la solution d'un problème analytique jusqu'ici très imparfaitement résolu.

Pour la séparation des carbures acétyléniques et éthyléniques, ils ont substitué aux réactifs classiques (chlorure cuivreux ammoniacal et brome) deux liquides d'un usage plus commode, permettant d'effectuer l'analyse d'un mélange gazeux exclusivement sur la cuve à mercure. Pour l'absorption des carbures acétyléniques, Lebeau et Damiens ont employé une solution alcaline d'iodo-mercurate de potassium, dont la sensibilité équivaut à celle du chlorure cuivreux ammoniacal, et pour absorber les carbures éthyléniques, ils ont utilisé une solution sulfurique d'acide vanadique à 1 %.

Par l'emploi de ces méthodes, les analyses des gaz provenant de la décomposition du carbure d'uranium ont montré qu'ils étaient formés d'hydrogène, de méthane et de ses homologues jusqu'au terme butane, d'éthylène et ses homologues et de carbures acétyléniques. Des résultats semblables ont été fournis par la décomposition du carbure de thorium C^2Th, et des carbures des terres rares (Ce, Nd, Pd, Sm). Mais, dans ces derniers, on a toujours constaté l'absence rigoureuse du méthane. Ces analyses conduisent à des résultats présentant une grande divergence avec ceux qui avaient été donnés antérieurement.

Berthelot et Gaudechon ont effectué la synthèse photochimique d'un composé nouveau, l'oxycyanure de carbone, à l'aide des rayons ultra-violets. Si le cyanogène est rapidement polymérisé en paracyanogène solide brun, par contre l'oxyde de carbone n'est nullement modifié par la lumière ultra-violette. Lorsque les deux gaz CO et $(CN)^2$ sont mélangés, ils se combinent et disparaissent simultanément. Il se forme, sur les parois froides du tube qui les contient, un dépôt jaune d'oxycyanure de carbone, CN.CO.CN, rappelant par sa constitution l'oxychlorure de carbone Cl.CO.Cl. La combinaison est favorisée par des traces d'eau. Ce composé paraît se former à l'état gazeux, un peu au-dessous de 100°, mais cette forme est fugace et il se condense bientôt en un solide. Ces faits rappellent ceux qui ont été observés dans la formation de l'aldéhyde formique HCOH, aux dépens de CO et H^2. La formaldéhyde et l'oxycyanure de carbone sont des composés organiques simples qui n'existent à l'état gazeux que d'une manière transitoire, et ont une tendance à se condenser à l'état solide, surtout en présence des rayons ultra-violets.

L'oxycyanure de carbone, chauffé à 200°, ne se volatilise pas, mais dégage de faibles quantités d'azote. Il est soluble dans les alcalis en un liquide jaune. Sa propriété chimique essentielle est son dédoublement par hydrolyse, suivant l'équation :

$$CO\left\langle\begin{matrix}CN\\CN\end{matrix}\right. + H.OH = 2HCN + CO^2.$$

Il ne prend pas naissance dans l'action de l'oxychlorure de carbone sur le cyanure d'argent, ni par action de la chaleur sur le mélange de cyanogène et d'oxyde de carbone.

Cette aptitude de CO à donner un composé d'addition avec le cyanogène, sous l'action des rayons ultra-violets, se manifeste encore vis-à-vis d'autres éléments, et, remarque assez curieuse, cette fixation est surtout prononcée avec les premiers termes des séries. Aisée avec le chlore, elle n'a pas lieu avec le brome et l'iode. L'oxygène s'ajoute également pour donner CO^2, tandis que l'on n'obtient pas COS. L'eau et l'ammoniac se fixent sur l'oxyde de carbone; l'hydrogène sulfuré et les hydrures de phosphore et d'arsenic n'ont aucune action.

II. — Métaux.

L'emploi de la méthode aluminothermique, convenablement appliquée, a conduit Matignon à la préparation du magnésium. On sait que, dans cette méthode, la réduction des oxydes de chrome, de manganèse, etc., s'effectue dans des appareils brasqués en magnésie, seule matière réfractaire économique n'intervenant pas dans la réaction. Quoique les températures réalisées dans les réactions aluminothermiques aient été souvent fort élevées, on n'a jamais constaté jusqu'à présent la réduction des parois de magnésie. Matignon a pu mettre facilement cette réduction en évidence. Après avoir débarrassé la poudre d'aluminium des matières grasses qui la souillent, par des lavages répétés à la benzine et à l'éther, il l'a mélangée intimement avec de la magnésie lourde, dans les

proportions de 1 molécule de magnésie pour 1/3 Al^2. Ce mélange est comprimé en pastilles, qui sont placées dans un tube d'acier chauffé lui-même dans un tube en porcelaine. Elles sont situées dans la région la plus chaude, au fond du tube, tandis que l'extrémité ouverte aboutit à une partie froide. Pendant l'opération, le vide est maintenu dans l'appareil; dans ces conditions, l'aluminium réduit facilement la magnésie à 1200°, et le magnésium mis en liberté vient se déposer en beaux cristaux dans les régions froides du tube d'acier. La réduction est pratiquement complète. Cette réaction nouvelle constitue une véritable méthode de préparation du magnésium, susceptible d'entrer en lutte avec la méthode électrolytique, la seule actuellement en usage. Elle est commode à réaliser et fournit un rendement théorique.

Güntz a indiqué une bonne méthode de préparation du baryum, basée sur la réduction de la baryte par l'aluminium. La réaction, qui est exothermique, est encore facilitée par la volatilisation du baryum. Matignon a pensé que le silicium devait pouvoir effectuer la même réduction, malgré l'écart considérable, de 35 calories, entre les chaleurs de formation des deux oxydes, baryte et silice, rapportées à un atome d'oxygène.

En effet, lorsqu'on opère en présence d'un excès de baryte, la silice formée va donner un silicate de baryum avec un notable dégagement de chaleur :

$$3/2\,BaO + 1/2\,Si = 1/2\,SiO^2Ba + Ba + 18\text{ c. }5.$$

Effectivement, en se tenant dans ces proportions théoriques, on constate qu'à la température de 1.200° le silicium remplace une quantité équivalente de baryum. La technique de la préparation est la même que précédemment. Le mélange en pastilles est mis au fond d'un tube d'acier, fermé à un bout et chauffé dans un tube de porcelaine où l'on fait et maintient le vide pendant toute l'opération. Le baryum distille et vient se condenser dans une région moins chauffée du tube d'acier. On obtient ainsi du premier coup un métal titrant 98,5 °/₀ de Ba. L'on peut employer, pour effectuer la réduction, soit le silicium amorphe pur, soit le ferrosilicium à 95 °/₀ ou 90 °/₀ de Si, qui sont livrés actuellement à bas prix par l'industrie. Il en résulte que cette méthode est susceptible de fournir du baryum à bon marché et d'une manière tout à fait industrielle.

Billy a apporté un perfectionnement dans la préparation de quelques métaux purs. On sait que l'on obtient des métaux réfractaires purs en réduisant leurs chlorures par l'hydrogène ou par le sodium. Mais la haute température exigée quand on emploie l'hydrogène, la difficulté d'employer du sodium sans oxydation, et d'autre part l'attaque des appareils, ont été la cause des impuretés introduites dans le métal. C'est ainsi que, pour préparer le titane, le métal le plus réfractaire, on s'est arrêté à la méthode de Nilson et Petterson modifiée par Hunter, qui consiste à chauffer au rouge sombre du chlorure de titane liquide en présence du sodium dans une bombe en acier vissée et serrée. Une réaction extrêmement violente se produit et l'on obtient le métal presque pur. Dans le but d'obtenir des métaux parfaitement exempts de fer, de silicium et d'oxygène, Billy utilise l'hydrure de sodium pour réduire les chlorures. Cette réaction s'effectue à 400° :

$$TiCl^4 + 4\,NaH = Ti + 4\,NaCl + H.$$

Tous les inconvénients des hautes températures, les réactions violentes, sont évités, et l'on peut effectuer l'opération dans des appareils en verre fusible. On obtient ainsi du titane pur. Le vanadium pur a été obtenu de la même manière. C'est là une méthode générale de réduction des chlorures métalliques, qui permet d'obtenir des métaux purs tels que la Physicochimie l'exige aujourd'hui.

Les travaux sur la préparation des chlorures métalliques se poursuivent de tous côtés. Nous avons indiqué dans les dernières revues les nouvelles méthodes de chloruration qui avaient été décrites. L'action du chlorure de thionyle, indiquée par Darzens et Bourion, a été reprise par North et Hagemann. Ils ont fait réagir ce composé sur la plupart des oxydes métalliques et métalloïdiques, en effectuant la réaction en tube scellé à 150-200°. L'action a lieu en général suivant l'équation :

$$MO + SOCl^2 = MCl^2 + SO^2.$$

Dans le cas où l'un des métaux ou métalloïdes fournit deux chlorures, il se produit toujours le chlorure inférieur, qui se transforme ultérieurement par un excès de réactif en dérivé chloré maximum :

$$3\,MCl^2 + 4\,SOCl^2 = 3\,MCl^4 + 2\,SO^2 + S^2Cl^2.$$

L'anhydride arsénieux fournit seulement $AsCl^3$; mais l'oxyde d'antimoine réagit à la température ordinaire en donnant $SbCl^3$, qu'un chauffage avec un excès de $SOCl^2$ transforme en pentachlorure. Les oxydes de Gl, Ca, Sr, Cr ne paraissent pas attaqués à 200°; BaO^2 fournit au contraire $BaCl^2$ et le peroxyde de sodium est violemment attaqué dès la température ordinaire.

Continuant l'étude des propriétés chlorurantes de l'oxychlorure de carbone, qu'il avait fait connaître, Chauvenet a montré que ce gaz convient parfaitement soit pour attaquer les silicates et les phosphates en vue de leur analyse, soit pour préparer la plupart des chlorures métalliques anhy-

dres en partant de ces minéraux. Ainsi, la vivianite et la pyromorphite sont attaqués à 350°; à 500°, la chloruration du fer et du plomb est presque instantanée :

$$P^2O^5.3MO + 6COCl^2 = 2POCl^3 + 6CO^2 + 3MCl^2.$$

On peut séparer aisément le chlorure de fer ou celui de plomb. De même, les minerais d'urane, placés dans une nacelle et traités par $COCl^2$, fournissent la réaction générale :

$$P^2O^5.2UO^2.CaO + 8COCl^2 = 2POCl^3 + 8CO^2 + 2UCl^4 + CaCl^2.$$

Le chlorure uraneux est volatil et se sépare ainsi du chlorure de calcium qui reste dans la nacelle. On pourra de même doser le thorium dans la monazite. Les silicates complexes, thorite, gadolinite, cérite, zircone, sont également attaqués à plus haute température (1000 à 1200°) par l'oxychlorure de carbone, et les métaux transformés en chlorures :

$$SiO^3M + COCl^2 = MCl^2 + SiO^2 + CO^2.$$

Quelle que soit la combinaison métallique que l'on ait à sa disposition (oxyde, sulfure, silicate, nitrate, carbonate, sulfate), on pourra donc au moyen de l'oxychlorure de carbone les transformer en chlorures anhydres.

Conduché a eu l'idée de faire réagir le chloroforme sur les sulfates métalliques, en vue de leur transformation en chlorures. Pour effectuer cette réaction, il est nécessaire de ne pas dépasser 400 à 500°, température à laquelle le chloroforme se décompose par la chaleur en charbon et chlorure de Julin C^6Cl^6, le premier souillant le chlorure formé. La méthode ne permettra donc d'obtenir des chlorures purs que si l'on peut opérer à température peu élevée. C'est le cas des sulfates de cuivre, de nickel, de fer qui se transforment en chlorures dès 250-300°, des sulfates de manganèse, de plomb et d'aluminium qui réagissent à 350° et 400°. Par contre, les sulfates de magnésium, de baryum et de calcium, exigeant pour se transformer en chlorures des températures supérieures ou égales à 500°, ne donneront pas de produits purs. Dans cette méthode, il se fait nécessairement les chlorures de thionyle et de sulfuryle en même temps que de l'anhydride carbonique :

$$SO^4M + CCl^4 = MCl^2 + SO^2Cl^2 + CO^2.$$

Hilpert et Ditmar ont fait une nouvelle méthode de synthèse des dérivés méthylés des métaux basée sur la méthylation effectuée à l'aide du carbure d'aluminium sur les sels dissous. On sait que, lorsqu'on fait réagir l'eau ou un acide dilué sur le carbure d'aluminium, il se forme du méthane sensiblement pur, suivant l'équation :

$$Al^4C^3 + 12H.OH = 4Al(OH)^3 + 3CH^4.$$

En partant de cette réaction, les auteurs ont fait réagir progressivement, sur une solution de 25 grammes de bichlorure de mercure dans 130 grammes HCl à 10 °/₀, 15 grammes de carbure d'aluminium, en maintenant la température vers 90°. Ils ont obtenu le composé $Hg\begin{cases}CH^3\\Cl,\end{cases}$ sous forme d'un liquide bouillant à 170°, et pouvant être séparé par distillation des produits de la réaction. Le chlorure de bismuth a fourni dans les même conditions, au sein d'une atmosphère de CO^2, le bismuth-triméthyle, $Bi(CH^3)^3$, et le chlorure stannique, le composé mixte, $Sn\begin{cases}Cl^2\\(CH^3)^2.\end{cases}$ Par ce nouveau procédé, il est possible de produire de nouveaux dérivés méthylés métalliques, non seulement avec l'arsenic, mais aussi avec des métaux lourds tels que le cuivre. La réaction ne paraît pas due à une ionisation, puisque le bichlorure de mercure, par exemple, peut être remplacé par le cyanure de mercure.

L'oxydation directe des métaux alcalins, effectuée soit par Joannis, soit par Rengade, a conduit aux composés de la forme M^2O, M^2O^2, M^2O^3, M^2O^4. Seul dans le cas du sodium ce dernier type, le tétroxyde Na^2O^4, n'a jamais été atteint. De Forcrand a montré que cela pouvait s'expliquer par ce fait que l'on ne dispose, dans la peroxydation du composé NaO^2, que de 29 cal. 3 pour la fixation de 3 atomes d'oxygène supplémentaires. Or, on sait que le passage de Na^2O à Na^2O^2 dégage 19 cal. 03. Il ne reste donc plus que 10 cal. 27 pour les deux autres atomes, soit une moyenne de 5 calories par atome d'oxygène. On comprend dès lors que la formation de Na^2O^3 et Na^2O^4 soit très difficile et qu'ils doivent être par suite très instables. Leur formation par oxydation directe, dans les conditions où se forment K^2O^4, Rb^2O^4, Cs^2O^4, ne peut donc avoir lieu.

Les protosulfures anhydres des métaux alcalins sont très mal connus et n'ont pas été jusqu'ici obtenus purs. La déshydratation des sulfures préparés par voie aqueuse entraîne toujours une attaque des récipients, ainsi que l'a montré Sabatier. Le procédé plus récent de Hugot, qui consiste à faire agir le soufre sur un excès de métal alcalin dissous dans l'ammoniac liquéfié, conduit à de bien meilleurs résultats, mais il est impossible d'éviter la formation simultanée d'un peu d'amidure, et la présence, même en proportion très faible, d'une impureté aussi active, dans les corps

obtenus, peut en modifier notablement les propriétés. En outre, les sulfures ainsi préparés sont amorphes. Rengade et Costèanu ont pensé qu'il serait possible d'appliquer à la préparation des sulfures la méthode qui avait permis à l'un d'eux d'isoler les oxydes alcalins anhydres, savoir : la combinaison directe du soufre avec un grand excès de métal, excès dont on se débarrasse ensuite par distillation dans le vide. Si les sulfures sont, comme les oxydes, solubles dans un excès du métal, ils devront être obtenus cristallisés. Ils ont fait réagir la vapeur de soufre sur le métal fondu dans un tube de verre en U, maintenu entre 200-300°, et dans lequel il est possible de faire le vide. La combinaison du soufre et du métal alcalin se fait intégralement dans la première branche; il ne reste plus qu'à distiller le métal en excès à travers une partie capillaire qui relie les deux branches du tube en U, la seconde branche étant maintenue froide. Les auteurs ont préparé ainsi les monosulfures, Na^2S, K^2S, Rb^2S, Cs^2S, sous forme de poudres blanches cristallines, virant au jaune par élévation de température. Si l'on se rappelle que le protoxyde de rubidium Rb^2O est jaune à froid et Cs^2O rouge, on voit que les sulfures alcalins sont moins colorés que les oxydes. Ils sont également moins solubles dans le métal, ce qui explique qu'ils cristallisent difficilement. Ils paraissent plus stables que les oxydes correspondants; la lumière ne semble pas les altérer; la chaleur n'a d'action sur eux qu'au point de ramollissement du verre; ils se colorent alors en rouge, et se transforment en persulfures en dégageant des vapeurs métalliques. C'est une décomposition analogue à celle des protoxydes. Ces sulfures sont très oxydables, et il suffit de les toucher en un point avec une pointe de verre chauffée pour qu'ils deviennent incandescents et brûlent comme de l'amadou. Lorsqu'on les projette dans l'eau, ils se dissolvent avec bruissement et dégagement de chaleur, mais sans explosion.

Joannis avait obtenu autrefois les métaux-carbonyles alcalins, $(KCO)^n$ et $(NaCO)^n$, par l'action de l'oxyde de carbone sur les métaux alcalins. Ces corps sont d'une extrême instabilité. Ils détonent ou déflagrent vivement en présence de l'air, de l'eau ou de la chaleur. Aussi, leurs formules moléculaires n'avaient pu être établies. Joannis a repris récemment l'étude du potassium-carbonyle. Il l'a mis en suspension dans de l'ammoniac liquéfié. En y faisant arriver goutte à goutte de l'eau étendue d'ammoniac liquide, le potassium-carbonyle se décompose sans explosion. Il se forme un liquide jaune rougeâtre, constitué par une solution de glycolate de potassium, ce qui montre que l'on a affaire à un composé de formule COK.COK, qui se détruirait par l'action de l'eau, suivant l'équation :

$$KCO.COK + 2H^2O = CH^2OHCO^2K + KOH.$$

Par analogie, il semble que le sodium-carbonyle doit répondre à la même constitution.

Le sodammonium a été utilisé, avec succès, par Lebeau, pour réaliser l'hydrogénation du naphtalène. On sait que les diverses méthodes d'hydrogénation actuellement connues, soit par voie sèche, soit par voie humide, fournissent, à côté des perhydrures, des composés moins saturés dont la séparation est souvent pénible. L'emploi du sodium-ammonium permet d'obtenir un terme unique. Sur le naphtalène, l'action de ce métal n'est pas instantanée, et, sous la pression ordinaire, vers -40°, elle est encore incomplète après trois quarts d'heure, même en présence d'un grand excès de métal alcalin. Il est nécessaire de terminer la réaction à 15° dans un autoclave. On obtient ainsi, avec un rendement de 9/10, le tétrahydronaphtalène, bouillant à 208°. Cette action hydrogénante du sodammonium, qui est accompagnée de la formation d'amidure AzH^2Na :

$$C^{10}H^8 + 4AzH^3Na = C^{10}H^{12} + 4AzH^2Na,$$

sera vraisemblablement étendue à un grand nombre de composés organiques.

Tout récemment, Lebeau et Picon ont appliqué cette méthode à l'hydrogénation de divers carbures polybenzéniques. Ils ont ainsi obtenu les tétrahydrures de diphényle, d'acénaphtène, de phénanthrène, et les hydrures d'anthracène et de stilbène. La méthode ne s'applique pas au benzène, au toluène, au cymène, ainsi qu'aux divers carbures terpéniques.

Une préparation élégante des bromures de manganèse $MnBr^2$ et $MnBr^3$ a été réalisée par Ducelliez et Raynaud. On place un poids connu de manganèse, finement porphyrisé, au-dessous d'une couche d'éther ordinaire pur et anhydre, et on y fait tomber du brome en quantité calculée pour former le bromure manganeux. L'éther, d'abord fortement coloré, se décolore et ne présente qu'une légère teinte jaune, ce qui montre l'absorption du brome par le métal. Il se forme une huile jaune, dense, qui, après enlèvement de l'éther en excès, fume à l'air, et est très soluble dans l'eau. Placée sur une plaque poreuse, au-dessus de l'acide sulfurique, elle perd rapidement l'excès d'éther qu'elle contient, et fournit une substance cristallisée en belles aiguilles rose orangé, transparentes, de formule $MnBr^2.(C^2H^5)^2O$. Après douze jours de séjour au-dessus de SO^4H^2, elle perd tout son éther, et laisse le bromure manganeux, $MnBr^2$, absolument pur, de couleur blanche. Ce même résultat est atteint plus rapidement en chauffant la combinaison éthérée vers 100°. Cette obtention du bro-

mure manganeux semble être liée à la présence de l'éther, car, en faisant agir directement du brome rigoureusement sec sur du manganèse, on n'a aucune attaque à la température ordinaire, et ce n'est que vers 80° qu'il y a un commencement de réaction. D'autre part, lorsqu'on remplace l'éther par le sulfure de carbone ou la benzine, on n'obtient pas de combinaison.

Si dans l'opération précédente, au moment où le composé $MnBr^2.(C^2H^5)^2O$ est atteint, on continue à ajouter du brome par petites portions, on remarque la disparition du corps précédent, et il se sépare une couche liquide de couleur plus foncée. En ajoutant un excès de brome, pour provoquer une réaction complète, et en chauffant progressivement au bain-marie, pendant trois heures, on obtient une substance jaune-orange, amorphe, correspondant à la formule $MnBr^3.[(C^2H^5)^2O]^3$. Au-dessous de 100°, cette combinaison se décompose en libérant de l'éther pur, et laissant le bromure manganique $MnBr^3$. L'iodure manganeux, MnI^2, qui s'obtient généralement par déshydratation des sels hydratés, dans le vide, se prépare comme précédemment, en faisant réagir l'iode sur le manganèse porphyrisé, sous une couche d'éther. On refroidit au début, on chauffe au bain-marie à la fin de la réaction: l'iodure formé se dépose. Après lavages à l'éther pour le débarrasser des traces d'iode qu'il retient, on a un produit blanc, qui brunit peu à peu, et qui est entièrement soluble dans l'eau et se combine vivement avec le gaz ammoniac. Ces travaux de Ducelliez et Raynaud constituent une contribution importante à l'étude des combinaisons halogénées du manganèse. Ils permettent d'espérer qu'ils pourront être étendus à d'autres métaux. Tout récemment, ils ont obtenu, en suivant la même technique, par action du brome sur le cobalt et sur le nickel, des combinaisons $CoBr^2.C^4H^{10}O$ et $NiBr^2.C^4H^{10}O$ qui, décomposées par la chaleur, fournissent le bromure de cobalt vert, anhydre, et le bromure de nickel.

A la suite de nombreux travaux qui ont été faits sur l'hydrogénation des substances organiques en milieu liquide, la question de l'existence d'un sous-oxyde de nickel a été envisagée par un certain nombre d'auteurs. Un sous-oxyde de nickel a été signalé à deux reprises : dans la réduction du protoxyde par l'hydrogène à 210° (Muller), et par l'oxyde de carbone à 420° (Lowthian Bell). L'emploi de l'oxyde de nickel pour l'hydrogénation des huiles à une température de 270° a été préconisé par Bedford et Erdmann. Dans cette réaction, les auteurs admettent que l'oxyde éprouve une réduction partielle qui le transforme en sous-oxyde, qui prend l'aspect colloïdal, et qui agit alors avec une grande énergie et à basse température, pour provoquer l'hydrogénation. Le nickel métallique ne produirait qu'une réaction extrêmement lente. Brochet aurait été conduit à une conclusion analogue, et ses recherches lui auraient montré que les impuretés du nickel doivent jouer un rôle important dans l'hydrogénation. Paul Sabatier et Espil ont étudié, avec précision, la réduction de l'oxyde de nickel par l'hydrogène; ils ont trouvé que, même à la température constante de 155°, un oxyde de nickel, issu de la calcination modérée du nitrate, a fourni une réduction totale à l'état de nickel métallique, sans production d'un sous-oxyde non réductible à cette température. D'autre part, Meigen et Bartels ont montré que les oxydes métalliques, particulièrement les oxydes de nickel, ne peuvent être employés comme catalyseurs pour l'hydrogénation des huiles que s'ils sont préalablement réduits à l'état de métal. La formation de nickel métallique a été constatée : par l'analyse des masses catalytiques employées qui avaient une teneur en nickel plus élevée que celle qui correspond à un sous-oxyde; par la conductibilité électrique et par la formation du nickel-carbonyle au contact d'oxyde de carbone. Ils ont trouvé aussi que le durcissement des huiles a lieu par l'emploi du nickel métallique, très rapidement, dès le début de l'opération, à 180°, tandis qu'elle n'a lieu que très lentement, à 250°, avec l'oxyde de nickel. Ils ajoutent enfin que la formation du sous-oxyde de nickel hypothétique de Bedford et Edmann ne repose sur rien. Ces travaux semblent donc écarter l'existence d'un sous-oxyde de nickel.

On pourrait encore examiner ici la question de savoir s'il est possible de pratiquer l'hydrogénation avec un oxyde de nickel, et si ce dernier n'est pas, dès le début du passage de l'hydrogène, transformé en métal. Cette discussion sortirait du cadre de cette Revue. Il nous semble cependant rationnel d'admettre — étant donnée la température de réduction de l'oxyde de nickel (155°) et les températures nécessaires pour l'hydrogénation (170°-180°) — qu'il se forme du nickel métallique. Que devient alors la propriété catalytique de l'oxyde? On a bien dit que, si le nickel était catalyseur, c'est par l'oxyde qu'il retenait toujours, et par lui seul. Cependant, Sabatier et Espil ont réduit à 700°, pendant plusieurs heures, de l'oxyde de nickel, à l'aide d'hydrogène, et ce nickel s'est montré d'une activité très grande pour transformer le benzène en cyclohexane. Il m'est difficile d'admettre qu'à cette température et au bout d'un temps très long de réduction, tout l'oxyde de nickel n'ait pas été changé complètement en métal.

Werner a décrit une nouvelle série de composés du cobalt optiquement actifs contenant deux atomes de cobalt asymétriques dans la molécule.

et qui seraient analogues à l'acide tartrique. Il en résulte, comme dans le cas de cet acide, que ces complexes cobaltiques à deux atomes de métal doivent exister sous trois formes distinctes : une droite, une gauche et une forme inactive par compensation intramoléculaire, les deux premières pouvant, d'ailleurs, fournir un racémique. Ces sels sont constitués par le tétra-éthylène-diamine-μ-amino-nitro-dicobalt :

$$\left[En^2Co\begin{matrix}NH^2\\NH^2\end{matrix}CoEn^2\right]X^4, \quad \text{ou} \quad En = \begin{matrix}CH^2-NH^2\\|\\CH^2-NH^2\end{matrix}$$

et X un résidu électro-négatif. On les obtient par action de l'acide azotique sur les sels du tétra-éthylène-diamine-μ-amino-peroxydicobalt :

$$\left[En^2Co\begin{matrix}AzH^2\\O^2\end{matrix}CoEn^2\right]X^4.$$

La synthèse ayant fourni le racémique, il a été dédoublé à l'aide du *d*-bromocamphosulfonate d'argent. Le bromure, plus aisément soluble, cristallise avec $8H^2O$, en aiguilles rouge orangé ; il est inactif par compensation. Le moins soluble est à 6 molécules d'eau ; il fournit le sel de pouvoir rotatoire (+ 160°), en solution à 0,25 °/₀. C'est là un nouvel exemple très curieux de l'extension de l'activité optique moléculaire aux composés de la Chimie inorganique.

Pascal a indiqué qu'un grand nombre de sels d'uranyle peuvent être transformés en complexes. On constate facilement cette propriété en ajoutant à la solution d'un sel d'uranyle un excès de carbonate, de pyrophosphate, de sulfite, hyposulfite ou cyanure alcalin. L'excès de sel alcalin stabilise le complexe. On constate, après cette addition, l'apparition d'une couleur jaune orangé qui est, en général, assez intense, tandis que diminuent ou disparaissent les caractères analytiques de l'urane. L'auteur a déjà préparé des carbonates et des cyanures du type $UO^2(CO^3)^3M^4$, $UO^2(CN)^4M^2$, l'uranyl-pyrophosphate normal $(UO^2)^2(P^2O^7)^4Na^8$, répondant aux formules de Werner, et qui rappelle celle des ferrocyanures et des ferropyrophosphates. En solution, ces complexes se dissocient quand on les chauffe, et si l'on veut faire les sels non alcalins par double décomposition, le précipité que l'on obtient peut être fractionné, mais il abandonne le pyrophosphate d'uranyle. Le mélange de deux solutions alcoolisées de cyanate de potassium et d'azotate d'uranyle donne un précipité microcristallin jaune, à fluorescence verte :

$$UO^2(CNO)^2 + 2CNOK = [UO^2(CNO)^4]K^2.$$

C'est un sel complexe, analogue au cobaltocyanate anhydre $Co(CNO)^4M^2$.

Ces exemples ne sont pas isolés, et Pascal indique que, suivant le radical acide qu'on y introduit, les complexes minéraux, dérivés de l'uranyle, affectent l'une des deux constitutions :

$$(UO^2X^6)M^4 \quad \text{ou} \quad (UO^2X^4)M^2.$$

Le premier type, où le radical bivalent UO^2 possède l'indice de coordination maximum, est toujours très stable ; il résiste, en effet, à l'hydrolyse, et les réactions de l'urane y sont complètement dissimulées. Le second type se comporte en solution diluée comme un sel double et, pour en annuler la dissociation, il faut souvent ajouter un grand excès du sel alcalin correspondant.

L'étude des sels complexes des différents métaux se poursuit avec activité de divers côtés ; il n'est pas possible d'énumérer ici tous les travaux faits dans cette voie.

A. Mailhe,
Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Borel (Em.), *Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.* — **Introduction géométrique à quelques théories physiques.** — 1 *vol. in-8° de* 137 *pages, avec* 3 *fig.* (*Prix* : 5 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur, Paris*, 1914.

Ainsi que le remarque M. Borel dans la préface de ce livre, les grands progrès des théories physiques depuis vingt ans n'ont encore que peu réagi sur les Mathématiques pures. Et, cependant, la Physique et la Mathématique exercent l'une sur l'autre une mutuelle et certaine influence : les mathématiciens doivent donc s'efforcer d'étudier les concepts mathématiques qui sont suggérés par les théories physiques nouvelles : c'est le but que s'est proposé M. Borel.

Son livre comprend deux parties : la première est un exposé élémentaire des théories de géométrie à 4 et à n dimensions qui se rattachent à la théorie de la relativité et à la Mécanique statistique. Le premier chapitre, introductif, étudie analytiquement les déplacements de la Géométrie ordinaire à deux et à trois dimensions, et met en évidence la forme quadratique fondamentale, à laquelle se rattachent les notions invariantes de distance et d'angle. Le chapitre II étend ce point de vue à la géométrie euclidienne à quatre dimensions, et le chapitre III à une géométrie hyperbolique à deux dimensions dans laquelle les déplacements conservent les points à l'infini des axes ox et oy. M. Borel applique ensuite cette dernière géométrie à la théorie physique de la relativité qui repose sur ce principe : la vitesse de la lumière est indépendante de la translation uniforme de l'observateur qui la mesure ; et il arrive ainsi à montrer que, dans l'hypothèse où la réalité physique est conforme à la théorie de la relativité, les règles de la Cinématique ordinaire sont très approchées, en ce qui concerne les vitesses habituelles qui sont de l'ordre de quelques millionièmes de celle de la lumière. Le chapitre IV étend à trois et à quatre dimensions l'étude des déplacements hyperboliques et en fait l'application à une représentation commode de l'Univers, considéré, avec Minkowsky, comme l'ensemble des événements qui ont lieu dans l'espace et le temps, et qui dépendent, par conséquent, de quatre variables. On admet alors, avec Einstein, que tout mouvement qui s'effectue avec la vitesse de la lumière, par rapport à un certain groupe d'observateurs, conservera la même vitesse par rapport à un autre groupe mobile par rapport au premier. On est ainsi conduit à une représentation de l'Univers dans l'espace hyperbolique à quatre dimensions, et le groupe de substitutions qui laisse invariante la forme fondamentale est celui qu'on rencontre dans la théorie électro-magnétique sous le nom de *groupe de Lorentz*. On peut alors étudier d'une façon précise le problème de la composition des vitesses, et l'on arrive ainsi à une Cinématique nouvelle, issue du principe de relativité, et dont M. Borel étudie en détail les curieuses conséquences, parmi lesquelles on peut signaler celle-ci : l'espace cinématique, conforme au principe de relativité, est un *espace à courbure constante negative*.

Le chapitre V est consacré aux fonctions à un très grand nombre n de variables qu'introduit la Physique moléculaire : par exemple, n est de l'ordre de 10^{24}, nombre auquel conduisent les évaluations du nombre des molécules et des paramètres dont elles dépendent. M. Borel étudie l'espace euclidien ordinaire à n dimensions, il introduit les multiplicités linéaires successives, leurs distances mutuelles, puis, passant aux multiplicités du second degré, évalue le volume et la surface de la sphère, l'aire de la zone, le volume du segment sphérique et celui de l'ellipsoïde. Il en tire d'intéressantes conséquences au point de vue des recherches de Mécanique statistique relatives aux systèmes d'un nombre très considérable de particules, dont les vitesses, ou d'autres grandeurs physiques, sont réparties d'après les lois du hasard.

Cette première partie de l'ouvrage a été rédigée par M. Deltheil, élève à l'Ecole Normale Supérieure, d'après des leçons faites à la Sorbonne en décembre 1912 et janvier 1913. La seconde partie consiste en sept notes inspirées par les idées qui ont amené l'auteur à publier ce livre et qui sont développées dans la dernière d'entre elles : *Les théories moléculaires et les Mathématiques*, reproduction d'une conférence faite à l'inauguration de l'institut Rice à Houston (Texas), en octobre 1912, et publiée dans la *Revue générale des Sciences* (novembre 1912). Dans cette conférence, l'auteur a fait un exposé très intéressant de l'influence des théories moléculaires sur le développement des Mathématiques ; il y montre comment l'hypothèse moléculaire, dont la nécessité a été imposée par l'étude des radiations nouvelles et du mouvement brownien, a introduit en Mathématiques les spéculations statistiques qui se rattachent à la Physique du discontinu. Les autres notes se rapportent à la théorie cinétique des gaz, considérée dans ses rapports avec le calcul des probabilités, à la Mécanique statistique, à la relativité de l'espace et à la théorie des résonateurs.

Comme on le voit, cet ouvrage est très riche d'idées intéressantes et nouvelles, qui y sont exposées avec le talent mathématique, la largeur de vues et l'originalité habituels à l'auteur : il sera lu avec autant d'intérêt par les mathématiciens que par les physiciens qui y trouveront l'application des théories mathématiques modernes.

M. Lelieuvre,
Professeur au Lycée et à l'Ecole des Sciences de Rouen.

2° Sciences physiques

Londe (A.), *Directeur honoraire des Services de photographie et de radiographie de la Salpêtrière.* — **La Photographie à la lumière artificielle.** — 1 *vol. in-18 jésus de* 376 *pages, avec* 80 *figures dans le texte.* (*Prix cartonné toile :* 5 *fr.*) *Octave Doin et fils, éditeurs. Paris*, 1914.

M. A. Londe était tout particulièrement désigné pour rédiger ce volume de l'Encyclopédie scientifique publiée par MM. Doin sous la direction du Dr Toulouse. A l'époque où il dirigeait le Service photographique de la Salpêtrière, l'auteur avait d'abord pratiqué la photographie instantanée à la lumière diurne ; il avait imaginé des méthodes nouvelles pour mesurer le rendement des obturateurs, et il avait combiné divers instruments chronométriques très ingénieux, ainsi qu'un excellent obturateur, construit par M. Dessoudeix. Par une évolution toute naturelle, il avait été ensuite conduit à employer la lumière artificielle, et, dans la nouvelle voie qui s'offrait à ses travaux, il avait appliqué des méthodes de contrôle analogues à celles qui lui avaient si bien réussi dans ses études précédentes.

Les résultats de ces recherches se trouvent exposés d'abord dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, en 1902, et dans le *Bulletin de la Société*

française de Photographie, ainsi que dans l'*Annuaire général et international de la Photographie* de 1903 (p. 481-496), et nous y avions lu la description des appareils que l'auteur avait fait construire par M. Richard et par M. Gaumont pour mesurer la rapidité de combustion des photopoudres et pour exécuter des chronophotographies à la lumière artificielle. Un exposé plus complet en avait été ensuite publié dans une brochure éditée en 1905 par M. Gauthier-Villars sous ce titre : *la Photographie a l'éclair magnésique*.

Depuis cette époque, l'application de la lumière artificielle à la photographie s'est singulièrement étendue, ainsi qu'en témoigne le travail très complet que nous offre aujourd'hui M. Londe.

La première partie passe en revue les diverses sources de lumière artificielle susceptibles d'être utilisées en photographie pour l'obtention des négatifs : gaz de houille, acétylène, lampes électriques (arc à charbons, arc au mercure, incandescence, luminescence dans les gaz raréfiés), préparations pyrotechniques. Le magnésium y est étudié plus longuement que les autres luminaires, parce qu'il est plus généralement employé par les photographes, soit en fils, soit en poudre brûlant dans l'oxygène ou dans l'air, seule ou associée à diverses substances comburantes. Ces mélanges, désignés sous le nom de *photopoudres* et très en vogue depuis quelques années, font l'objet d'une analyse détaillée : les chapitres V à XII sont consacrés à la composition des photopoudres, aux différents modes d'inflammation, à la mesure de durée de l'éclair magnésique, à l'analyse de sa lumière et des produits de sa combustion. Un chapitre est réservé à l'emploi de l'aluminium dans la composition des photopoudres.

La deuxième partie traite du tirage des positifs (papiers à noircissement direct, papiers à image latente, impressions photomécaniques) à la lumière artificielle : magnésium, arcs à charbons, lampes à mercure, gaz comprimé.

La troisième partie analyse les applications photographiques de la lumière artificielle, soit seule, soit combinée avec l'éclairage diurne : portrait dans des ateliers spécialement agencés, portrait à domicile, photographie au théâtre; photographie des grottes, cavernes, mines, etc.; endoscopie à la lumière artificielle; photographie la nuit en plein air; chronophotographie nocturne, cinématographie à la lumière artificielle; autochromie instantanée; emploi de la lumière artificielle dans les agrandissements, la microphotographie, l'enregistrement des dépêches optiques, etc.

Un dernier chapitre met en évidence le rôle chaque jour plus important que joue la lumière artificielle dans le reportage photographique et la presse illustrée, pour obtenir le document graphique dans les circonstances les plus variées et le reproduire sans perte de temps par les procédés photomécaniques.

Ce chapitre est suivi d'un index bibliographique que nous eussions souhaité un peu plus étendu : c'est une toute petite lacune, qu'il sera facile de combler à la prochaine édition.

L'ouvrage se termine par une liste des brevets français se rattachant à la production et à l'emploi de la lumière artificielle en photographie. Il y avait là une grande quantité de documents à compulser. M. Londe a su en extraire tout ce qu'ils contenaient d'utile et l'exposer avec beaucoup de méthode et de clarté. Son livre est de lecture facile et accessible à tous.

ERNEST COUSTET.

Jones (Walter), *Professor of Physiological Chemistry in the Johns Hopkins medical School.* — **Nucleic Acids ; their chemical properties and physiological conduct.** — 1 *vol. in-8 de* 118 *pages* (*Prix* : 4 *fr.* 40). *Longmans, Green and C°*, 39, *Paternoster Row, London*, 1914.

Dans la série des monographies consacrées à la Chimie biologique, collection de volumes d'une centaine de pages environ, M. R. H. Aders Plimmer, qui dirige cette publication, a confié à un spécialiste bien connu par ses recherches sur cet ordre de questions M. Walter Jones, le soin d'exposer le chapitre important des acides nucléiniques.

Dans une première partie, l'auteur définit son sujet et décrit avec soin la préparation et les propriétés des acides nucléiniques du thymus et de la levure. Il s'étend sur les produits de dédoublement (purines pyrimidines, groupe hydrocarboné) et établit la formule de constitution des acides nucléiniques.

La seconde partie est consacrée à la physiologie de ces composés : formation des acides nucléiniques dans l'organisme, leur métabolisme ; c'est, à ce propos, l'étude complète de l'origine et de la transformation des purines, du mode de formation de l'acide urique, du rôle et du mode d'action des ferments (adénase, guanase, xanthinoxydase, uricase, etc.). Le problème si attachant de l'uricogénèse et de l'uricolyse est étudié dans tous ses détails et à la lumière des découvertes les plus récentes. On sait que W. Jones a attaché son nom à quelques-unes d'entre elles.

Le volume se termine par un chapitre consacré aux corps puriques de l'urine humaine et par un appendice où l'auteur donne des indications pratiques sur la préparation, l'extraction, les réactions des acides nucléiniques et de leurs dérivés puriques. Ces indications techniques, complétées par des renseignements précis sur les procédés à suivre pour mettre en évidence les diastases qui réagissent sur les purines, seront très appréciées par les biochimistes qui poursuivent des recherches sur ces sujets ou sont seulement désireux de reproduire quelques expériences aujourd'hui classiques.

Un index bibliographique complète ce volume, clair, détaillé, précieux pour tous ceux qui s'occupent de Biochimie.

Dr L. HUGOUNENQ,
Professeur à l'Université de Lyon.

3° Sciences naturelles

Lanessan (J. L. de), *Professeur agrégé d'Histoire naturelle à la Faculté de Médecine de Paris, ancien ministre de la Marine.* — **Transformisme et créationnisme.** CONTRIBUTION A L'HISTOIRE DU TRANSFORMISME DEPUIS L'ANTIQUITÉ JUSQU'A NOS JOURS. — 1 *vol. in-8° de* 352 *pages de la Bibliothèque scientifique internationale.* (*Prix* : 6 *fr.*). *F. Alcan*, 108, *boulevard Saint-Germain, Paris*, 1914.

Dans ce livre, M. de Lanessan retrace à grands traits l'histoire de la lutte entre le créationnisme et le transformisme, les deux solutions des problèmes relatifs à l'origine de la vie, de l'univers, et des êtres vivants : le débat remonte à la plus haute antiquité, aux Juifs, aux philosophes grecs, à Galien, puis l'évolution des idées commencée par les philosophes de la Grèce s'arrête brusquement au IIIe siècle par le retour à la barbarie et aussi sous l'influence des théologiens, trop occupés des disputes scolastiques; l'époque de la Renaissance, là comme ailleurs, marque un renouveau de l'esprit humain, puis la doctrine transformiste reprend définitivement le dessus, malgré l'action conservatrice de Linné et de Cuvier, grâce aux écrits de trois grands hommes, Buffon au XVIIIe siècle, Lamarck et Darwin au XIXe.

On a écrit déjà bien des fois l'histoire des doctrines transformistes, et il n'est pas facile de s'y montrer original, puisque ce sont forcément les mêmes noms qui reviennent : M. de Lanessan élargit le sujet en ne se bornant pas à parler strictement des idées purement biologiques; il mentionne également, et avec juste raison, les progrès de l'anatomie humaine, de l'astronomie, qui ont évidemment frayé la voie à l'avènement de la pensée indépendante; c'est ainsi qu'il parle de Bernard Palissy, de Van Helmont, de Descartes, etc. J'aurais aimé à trouver, au chapitre consacré à la

Renaissance, le nom de l'Italien Vanini, dont les idées ont été vraiment en avance sur celles de son temps; il méritait d'être cité, ne fut-ce qu'en raison de sa mort tragique.

M. de Lanessan parle très longuement de Buffon, qu'il regarde comme le premier naturaliste qui ait osé nier la création surnaturelle et l'immutabilité des espèces; il en fait non seulement le précurseur, mais le maître même de Lamarck. Je me permettrai de n'être pas tout à fait de cet avis : à la vérité, on peut trouver dans les œuvres de Buffon nombre de phrases que ne désavouerait pas un transformiste moderne, mais il y en a aussi qui pourraient être écrites par un pur créationniste; en réalité, Buffon est plutôt le fondateur de cette école mixte, illustrée depuis par les Geoffroy Saint-Hilaire, qui admettait d'une part un transformisme limité, et d'autre part, l'unité de plan de composition des divers animaux. Le fait d'admettre, par exemple, que toutes les espèces d'Éléphants, actuelles ou disparues, descendent d'un ancêtre commun, modifié par les conditions de milieu, était évidemment une tendance à détruire le fixisme étroit de Linné et de son école, mais ce n'est pas le transformisme intégral, que seuls Lamarck et Darwin me paraissent avoir conçu dans toute son ampleur. L'idée d'une unité de plan de composition est un concept métaphysique, qui a évidemment préparé la voie, très efficacement, à la conception de l'arbre généalogique des êtres, mais qui répondait plutôt au désir d'accorder des préoccupations créationnistes avec l'évidence des faits morphologiques. Néanmoins, il est juste de reconnaître que Buffon a très clairement compris et exposé la plupart des problèmes transformistes, et que son influence ne fut pas moins considérable que celle de Descartes.

M. de Lanessan regarde l'œuvre de Darwin comme beaucoup plus importante par la somme des faits et des observations qu'il a réunis que par la contribution apportée à la doctrine du transformisme; c'est une appréciation qui me semble sévère; si toutes les idées de Darwin ne sont pas aussi absolument originales qu'on l'a cru pendant longtemps, la façon dont il les a comprises, exposées, justifie pleinement l'admiration que l'on a pour *L'Origine des espèces* et ses autres livres, mines de suggestions encore inépuisées.

L. Cuénot,
Professeur de Zoologie
à la Faculté des Sciences de Nancy.

4° Sciences diverses

Souriau (Paul). — **L'Esthétique de la Lumière.** — *1 vol. in-8° de 431 pages avec 76 figures dans le texte. (Prix : 10 fr.) Librairie Hachette. Paris*, 1914.

L'auteur s'est proposé de « déterminer les conditions de beauté de la lumière ». Une pareille étude touche à la science par plus d'un côté. « L'œil est comme tous nos organes, il veut vivre sa vie, remplir sa fonction physiologique. Il trouve son bien-être dans son activité normale. Toute l'esthétique des sensations lumineuses est là ». Aussi la première partie de l'ouvrage (Esthétique des Sensations lumineuses) est-elle consacrée à l'exposé des données fondamentales relatives à la composition de la lumière, au mode d'action qui lui fait éveiller en nous des sensations si variées, et à la discussion des conséquences que l'on en peut tirer pour l'explication de l'effet esthétique.

A l'exemple d'Hering, l'auteur admet six sensations primaires : le *noir* est pour lui une sensation positive, et non l'absence de sensation; par son mélange avec le *blanc*, il donne tous les effets dans lesquels n'intervient pas la couleur et qui relèvent du sens de la clarté, tels que le clair-obscur; il y a quatre couleurs fondamentales : le *bleu*, le *vert*, le *jaune*, le *pourpre*. On peut passer par transitions insensibles du bleu au vert ou au pourpre, du jaune au vert ou au pourpre, mais non du jaune au bleu et du vert au pourpre; il y a ici antagonisme physiologique; « toute radiation tendant à produire l'une de ces sensations inhibe sa complémentaire ». L'harmonie ou le contraste de ces sensations, leur intensité, qu'il s'agisse de l'intensité générale ou des intensités relatives, détermineront l'effet esthétique. En ce qui concerne le rapport des sensations à leur excitant, qui joue un rôle important dans cette détermination, l'auteur repousse la loi de Fechner, comme reposant sur un postulat arbitraire, à savoir que les sensations graduées de telle sorte que l'une d'entre elles nous semble former un juste milieu entre les deux autres se succèdent en progression arithmétique; or, « si l'on cherche à mettre les degrés de clarté en progression géométrique », on arrive à cette conclusion que, *pour un éclairage d'intensité moyenne, la clarté relative de diverses surfaces simultanément perçues est proportionnelle à leur luminosité relative*[1].

La deuxième partie (L'éclairement esthétique) aborde le côté technique du sujet, avec une analyse très fouillée de l'éclairement par la lumière radiante et par la lumière diffuse, de la signification des ombres, et des conditions qui donnent la meilleure indication de la forme, de la distance et du relief des objets. Bien que « rien ne soit d'obligation stricte en esthétique », on tire de cette analyse l'expression des principes généraux dont devraient s'inspirer les artistes dans le choix de leurs sujets, la composition, l'exécution et la mise en valeur de leurs œuvres, qu'il s'agisse de peinture, de sculpture ou d'architecture.

La troisième partie (Représentation de la lumière) montre l'application de ces principes à l'étude d'un certain nombre d'œuvres picturales caractéristiques, et développe une ingénieuse critique de l'éclairage au théâtre.

La quatrième (Expression de la lumière) est d'ordre moins technique et plus philosophique; on y traite de l'influence morale de la lumière, des sentiments qu'elle fait naître par son action « bienfaisante », ou « stimulante », par son expression *dynamique*, c'est-à-dire l'impression de puissance produite par la lumière « des hauteurs du ciel bleu descendant sur la plaine comme un immense afflux d'énergie », l'impression de mouvement que nous donnent les jeux d'ombre et de lumière, et qu'ont rendue avec un rare bonheur quelques grands artistes.

De nombreux diagrammes, dont l'auteur ne dissimule pas le caractère un peu arbitraire et personnel, de nombreuses photographies d'œuvres d'art, viennent fort à propos illustrer le texte. On peut accepter ou rejeter les théories et les conclusions développées dans cet ouvrage, mais on ne peut contester à M. Souriau le mérite d'avoir écrit un livre bien ordonné, plein de faits et d'idées, et faisant bien saisir l'intérêt de telles études. Trop de personnes pensent, en effet, qu'il y a entre la science et l'art un irréductible antagonisme. Et combien l'auteur a raison de dire : « On accuse la science de fausser l'œil de l'artiste. Quelle erreur! Ce qui le fausse, c'est le préjugé, le parti pris, la routine. Un peu de science éloigne de la nature; beaucoup de science y ramène. Ainsi, l'éducation du peintre devrait comprendre une étude systématique des effets de lumière. Il est singulier que dans nos écoles des beaux-arts cet enseignement fasse à peu près défaut. »

P. Lugol,
Professeur au Lycée Saint-Louis.

[1] Expérience citée : si l'on cherche à placer des écrans blancs à différentes distances d'un foyer lumineux de manière que leurs clartés relatives paraissent être dans le même rapport, on trouve que leurs distances croissent dans le même rapport, ce qui revient à dire que l'intensité de la sensation (« clarté apparente ») est proportionnelle à l'éclairement (« luminosité réelle »). On pourrait peut-être objecter que l'arbitraire réside ici dans l'appréciation du rapport des clartés de deux surfaces voisines.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Étant donnée la quantité croissante de communications qui sont présentées aux diverses Académies et Sociétés savantes dont nous donnons le compte rendu des séances, et l'espace limité dont nous disposons pour ces comptes rendus, force nous a été, depuis quelques années, de réduire l'analyse de la plupart des communications à quelques lignes très brèves, souvent même à un titre.

Nous avons pensé qu'il serait plus intéressant, à l'avenir, pour nos lecteurs, de renoncer à donner le compte rendu, forcément incomplet, des communications sur les sujets purement spéciaux, pour consacrer une analyse plus détaillée à celles qui portent sur des questions d'intérêt général.

Cependant, afin de conserver à la Revue *son caractère d'information documentaire aussi complète que possible, on trouvera dorénavant, dans la partie « Sommaires des périodiques », la liste de toutes les communications présentées aux Académies et Sociétés savantes et que celles-ci publient dans leurs organes. Le lecteur qu'une de ces communications intéresse pourra ainsi se reporter au mémoire original.*

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 23 Novembre 1914.

1° Sciences physiques. — MM. **A. Kling** et **H. Copaux** : *Les conserves de viande du camp retranché de Paris.* Les auteurs indiquent dans quelles circonstances (menaces d'investissement, augmentation du rendement) ils ont été amenés à substituer au procédé traditionnel de fabrication des conserves de viande un procédé plus expéditif. Dans le procédé traditionnel, dit de Chevallier-Appert, la viande est cuite à l'eau bouillante, puis réunie ultérieurement au bouillon fortement concentré à part, viande et bouillon étant entin stérilisés ensemble à 115°-120°. Dans le nouveau procédé, dit de Billancourt amélioré, la viande crue, coupée en morceaux, est mélangée à du riz destiné à absorber la majeure partie de l'eau provenant de la déshydratation de la viande, ainsi qu'à du sel et à un peu d'agar-agar qui gélifie le bouillon non absorbé par le riz. Ce mélange est immédiatement stérilisé à la même température, mais plus longtemps que dans le procédé Chevallier-Appert. Si cette seconde conserve renferme un peu plus d'eau que la première, par contre l'agar-agar est une substance inoffensive, sinon utile, et le riz réalise un appoint d'hydrocarbonés qui en augmente sensiblement le pouvoir calorifique. Le contrôle de la fabrication a montré qu'au point de vue stérilisation le second procédé offre toute sécurité. — M. **Marcel Rostaing** : *Type de sous-vêtement militaire.* L'auteur signale le type de sous-vêtement militaire fabriqué par la Société des Papeteries de Vidalon; il est constitué par du papier collé sur toile de mousseline, et il est antiseptisé une fois terminé. Il est chaud, étant imperméable à l'air et à l'eau, léger, durable, hygiénique et peu coûteux.

2° Sciences naturelles. — M. **A. Chauveau** : *La misère physiologique et la tuberculose dans les armées en campagne.* L'auteur montre que, si la médecine expérimentale, par la réussite constante de l'infection tuberculeuse voulue, a démontré que les forts sont aussi bien doués que les faibles de l'aptitude à contracter la tuberculose, la médecine clinique — par l'exemple de la Première ambulance lyonnaise de 1870-71 — complète cette notion par cette autre que les faibles peuvent aussi bien que les forts échapper aux chances de contagion créées par les semeurs de germes. Il ne reste comme attribut spécial aux débilités que leur triste avantage d'être beaucoup plus sensibles que les forts à l'action destructive des germes que la contagion a implantés dans leur organisme.

Séance du 30 Novembre 1914.

1° Sciences mathématiques. — M. **Fournier** : *Conditions générales de l'aptitude aux grandes vitesses d'une carène dans la navigation en air libre.* Pour rendre une carène apte aux grandes vitesses dans la navigation à l'air libre, il faut : 1° éviter, avant tout, de donner à son étrave et à sa poupe des tracés tendant systématiquement à faire *canarder* le navire; 2° placer son maître couple sensiblement au milieu du plan de flottaison; 3° ne pas lui donner de partie cylindrique. Ces trois conditions étant supposées remplies, l'auteur indique comment on obtient la longueur L_m de son plan de flottaison qui lui permet d'atteindre le plus économiquement possible la vitesse maximum V_m qui lui est assignée.

2° Sciences naturelles. — M. **Paul Godin** : *L'aisselle glabre, signe prémonitoire de tuberculose pulmonaire chez l'adolescent.* L'auteur a observé, chez un certain nombre de jeunes gens qui présentèrent plus tard de la tuberculose pulmonaire, un retard de la pousse des poils au creux axillaire au moment de la puberté, soit des deux côtés, soit d'un seul côté. Ce signe de l'aisselle glabre, même s'il est exceptionnel, peut donc mettre sur la trace d'une tuberculose évoluant sourdement et permettre d'instituer un traitement avant qu'elle ne soit décelable cliniquement. — MM. **P. Carnot** et **B. Weill-Hallé** : *La biliculture au cours de la fièvre typhoïde.* Les auteurs ont cherché, aux diverses phases de la fièvre typhoïde, à déceler le bacille typhique dans la bile, qui constitue à la fois une voie d'élimination importante et un bon milieu d'enrichissement pour ce bacille. *a*) Au début de la fièvre typhoïde, la biliculture donne des résultats un peu plus tardifs, mais beaucoup plus prolongés que ceux fournis par l'hémoculture. *b*) Pendant toute l'évolution de la dothiénentérie, la biliculture reste positive. *c*) Mais c'est surtout pendant la convalescence et après guérison clinique de la fièvre typhoïde que la biliculture peut rendre service pour établir la durée de contagiosité de l'infection, pour dépister notamment les porteurs de germes au point de vue prophylactique. A ce point de vue, elle est bien supérieure à l'ensemencement des selles. — MM. **F. Bordas** et **Brocq** : *L'alimentation en eau des armées en campagne.* Étant donnée la difficulté de la filtration ou de la stérilisation en campagne, les auteurs posent en principe que les troupes ne devront boire que de l'eau bouillie, sous forme de thé en infusion légère. 12 à 15 grammes de thé noir sont suffisants pour aromatiser 1 litre d'eau, ce qui exigerait 15.000 kilogs de thé par jour pour une armée de 1 million d'hommes en donnant 1 litre par soldat et par vingt-quatre heures. Les postes seraient ravitaillés par des camions automobiles portant des barriques de 228 litres, remplies à 12 ou 15 litres près et ayant reçu par leur bonde un petit sac allongé rempli de la quantité nécessaire de thé; ces barriques recevraient ensuite d'une locomobile de ferme, fournissant 200 kilogs de vapeur à l'heure, un courant de vapeur qui les porterait à l'ébullition en

six minutes à peine. Les camions partiraient alors immédiatement pour la tournée des postes, où ils laisseraient une barrique pleine en échange d'une barrique vide. Le même dispositif pourrait être établi sur les trains sanitaires chauffés à la vapeur, où il donnerait, outre l'eau de boisson, une eau chaude et stérilisée pour les soins à donner aux blessés. — M. L.-G. Seurat : *Sur l'accouplement précoce d'un Oxyure.* L'auteur a constaté que la femelle de l'*Oxyuris Hilgerti* est fécondée de très bonne heure, immédiatement après la 4e mue, bien avant la maturité des organes génitaux, alors que ses dimensions (3 à 5 millimètres) sont les mêmes que celles du mâle; sitôt l'accouplement accompli, le vagin s'extroverse, rendant tout rapprochement ultérieur impossible. La femelle fécondée grandit et acquiert sa taille définitive; à ce moment, les ovaires ont atteint leur complet développement, mais aucun œuf n'est encore parvenu dans la matrice. Les œufs fécondés au passage envahissent ensuite graduellement les utérus; ces derniers se sont allongés considérablement et, chez la femelle parvenue à maturité complète, ils sont bourrés d'œufs, disposés sur 4 à 5 rangées, et occupent presque toute la cavité générale en arrière du bulbe œsophagien jusqu'au delà de la région anale. Ce phénomène d'accouplement précoce de la femelle immature, avec accroissement ultérieur et formation des œufs, pour lequel l'auteur propose le nom de *progamie*, paraît être très fréquent chez les Nématodes. — M. R. Régamey : *Sur le cancer chez les végétaux.* L'auteur a constaté l'existence, chez les végétaux, d'une maladie cancéreuse différente de celle de Smith, spontanée chez le chêne et inoculable au lierre et à la capucine. Elle est produite par une bactérie qu'il a isolée et cultivée sur milieux artificiels; ce parasite est intracellulaire dans les tumeurs. — M. F. Kerforne : *La position systématique des couches de minerai de fer dans l'Ordovicien inférieur de la région de Châteaubriant.* L'Ordivicien inférieur de la région de Châteaubriant est divisé en trois niveaux lithologiquement distincts et constants; ce sont de bas en haut : 1° Grès armoricain inférieur; 2° Schistes intermédiaires, ressemblant aux schistes à Calymmènes; 3° Grès armoricain supérieur. Les couches de minerais de fer sont interstratifiées dans le Grès armoricain inférieur et non pas près du contact des schistes; il y en a deux principales : T, située dans les grès, à quelques mètres au-dessous des schistes intermédiaires; M, à une distance d'une cinquantaine de mètres au mur de la première.

Séance du 7 Décembre 1914.

1° Sciences mathématiques. — MM. J. Bosler et H. G. Block : *Observations de l'éclipse de Soleil du 21 août faites à Strömsund* (Suède). L'examen des clichés pris par les auteurs conduit aux conclusions suivantes : 1° Le spectre continu de la couronne est d'une parfaite régularité, de λ 685 à λ 395; il est tout à fait analogue à celui du bec Auer; 2° La célèbre raie verte du coronium λ 530 est entièrement absente; à la place qu'elle devrait occuper, le spectre coronal continu ne présente aucun renforcement appréciable; 3° Par contre, on voit apparaître dans le rouge une raie brillante nouvelle fort intense : c'est la seule de tout le spectre coronal. Sa longueur d'onde approchée est 6374,5 A. et ne semble correspondre à aucun corps connu.

2° Sciences physiques. — M. M. Skossarewsky : *Sur la dissociation électrolytique de l'acétylène et de ses dérivés métalliques.* L'auteur démontre par des mesures de conductibilité la dissociation électrolytique de l'acétylène et de son dérivé monosodé en solution dans NH^3 liquide. La dissociation de l'acétylène augmente avec la dilution de la solution. Le coefficient thermique de la conductibilité spécifique est égal à environ 2 % par degré et presque indépendant de la concentration. — M. M. Tiffeneau : *Transposition moléculaire dans la série du cyclohexane; passage à la série du cyclopentane.* En soumettant l'iodhydrine du cyclohexanediol à l'action de l'azotate d'argent, on obtient l'aldéhyde cyclopentane-carbonique. Il y a donc eu, consécutivement à l'élimination de HI, ouverture de la chaîne cyclique, puis fermeture sur un nouvel atome de carbone; on réalise ainsi le passage de la série du cyclohexane à celle du cyclopentane. Cette rupture de la chaîne cyclique ne s'explique que par une résistance particulière des H les rendant inaptes à émigrer sur le carbone devenu éthylidénique, celui-ci ne pouvant alors se saturer que par une transposition moléculaire. M. M. Le Brazidec, en opérant de la même façon avec l'iodhydrine du *p*-phénylméthylcyclohexène, a obtenu la *m*-phénylméthylcyclohexanone. Dans ce cas, la migration phénylique a suffi pour assurer la saturation du carbone éthylidénique; dès lors la rupture du noyau devient inutile, et il n'y a pas passage à la série du cyclopentane.

3° Sciences naturelles. — M. F. Guéguen : *Sur l'altération dite piqûre des toiles de tente et des toiles à voile.* Les tissus de toile exposés aux intempéries, notamment les toiles de tentes et les voiles de navires, deviennent promptement le siège d'une altération bien connue (piqûre), caractérisée par l'apparition, à leur surface, de nombreux points et taches noirâtres, ou même de duvets foncés plus ou moins étendus. Le tissu piqué perd vite sa résistance, et parfois au bout de quelques mois se déchire au moindre effort. La piqûre, d'après l'auteur, est causée par le développement, au sein du tissu, de moisissures diverses, en particulier les *Pleospora infectoria* et *herbarium*, qui pénètrent la toile en tous sens et sécrètent des ferments qui disloquent la fibre. La piqûre semble n'être jamais due à la contamination accidentelle; elle est causée par le développement, sous l'influence de la chaleur humide, des filaments de moisissure préexistant dans la toile neuve et introduits lors du tissage par les filasses qui constituent la matière première. La piqûre pourrait donc être évitée par la stérilisation des filasses après le rouissage. Dans ce but, l'emploi de la vapeur semble être le procédé de choix; l'emploi des agents chimiques, dont l'action désorganisante sur la fibre risque de compromettre la solidité des tissus, sera limité à certains cas spéciaux.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 1er Décembre 1914.

L'Académie termine l'examen du *projet de revision de la loi Roussel*, qui a donné lieu à une longue discussion. La disposition principale, réduisant de sept à quatre mois le délai au bout duquel une femme peut se placer comme nourrice après la naissance de son enfant, est adoptée à la presque unanimité, en ces termes : « Toute personne qui veut se placer comme nourrice sur lieu est tenue de se munir d'un certificat du maire de sa résidence indiquant si son dernier enfant est vivant ou décédé et, s'il est vivant, constatant qu'il est âgé de quatre mois révolus. » — M. Paul Sainton : *Sur le traitement du tétanos par la méthode de Baccelli.* L'auteur tire de sa pratique à l'hôpital militaire de Cherbourg les conclusions suivantes : 1° La méthode de Baccelli (injection phéniquée associée au chloral) a une action curative incontestable sur l'évolution du tétanos; 2° L'acide phénique à 2/100, introduit en injections sous-cutanées et intramusculaires, est retenu dans l'organisme et n'est éliminé que très lentement par les urines; 3° Pour que la méthode soit efficace, il est de toute nécessité que le traitement soit précoce et appliqué au premier symptôme d'alarme, tel que contracture localisée voisine du point d'inoculation ou dysphagie même légère; 4° La médication par le chloral doit toujours être instituée chez les tétaniques; elle constitue une médication symptomatique essentielle; tout tétanique qui dort est un tétanique en voie de guérison. — M. M. Letulle et

Mlle Mage : *Traitement de la fièvre typhoïde par l'or colloïdal en injections intra-veineuses.* Les auteurs déduisent de l'observation d'une quarantaine de cas, tous terminés par la guérison, que : 1° au cours de la fièvre typhoïde, l'or colloïdal, administré en injections intraveineuses, constitue une médication antithermique puissante; elle est exempte de dangers; 2° en amenant une sédation toujours manifeste et plus ou moins prolongée des phénomènes généraux, l'or colloïdal semble posséder une action antitoxi-infectieuse; 3° cette médication par l'or offre l'avantage inestimable de diminuer, dans une proportion inouïe, le nombre des bains froids indispensables dans la cure méthodique de la dothiénentérie par la balnéation. M. Albert Robin ne croit pas à l'efficacité des métaux colloïdaux dans le traitement de la fièvre typhoïde; en outre, leur injection répétée peut être dangereuse.

Séance du 8 Décembre 1914.

MM. P. Delbet, Beauvy et Girode : *Injections thérapeutiques de cultures vieillies.* Les auteurs ont pensé que la diminution de toxicité qui se produit dans les vieilles cultures permettrait d'injecter des masses considérables de protoplasma microbien et d'obtenir ainsi les effets thérapeutiques de la vaccination antimicrobienne. Pour lutter contre les infections banales d'ordre chirurgical, ils ont utilisé des cultures de streptocoque, staphylocoque et bacilles pyocyaniques vieilles de quinze jours à un mois, qui sont mélangées après avoir été tuées par chauffage d'une demi-heure à 60°. Les injections intramusculaires de 4 centimètres cubes de ce bouillon mixte dans les infections chirurgicales : furoncles, anthrax, phlegmons, adéno-phlegmons, érysipèles, phlébites, septicopyhémies, ont donné des résultats très nets : baisse de la température après hyperthermie momentanée, diminution de la douleur et de la suppuration. Dans les bacillémies, les injections ne donnent aucun résultat.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 31 Octobre 1914.

M. Fernand Moreau : *Sur l'origine de l'anthocyane dans les divers organes des végétaux.* Les recherches de l'auteur montrent qu'il n'y a qu'un seul procédé général pour la formation de l'anthocyane dans les divers organes des végétaux : les chondriocontes prennent part à la formation de l'anthocyane aussi bien dans les fleurs que dans les appareils végétatifs; les corpuscules anthocyaniques se rencontrent dans des organes végétatifs comme dans les pièces florales ; dans tous les cas, l'anthocyane résulte du fonctionnement des éléments du chondriome. — M. M. Weinberg : *Recherches bactériologiques sur la gangrène gazeuze.* L'auteur a étudié bactériologiquement 29 cas de gangrène gazeuse chez des blessés. Dans aucun cas, il n'a trouvé le vibrion septique de Pasteur. Dans tous les cas, il a trouvé le bacille de Welch (*B. perfringens*). Ce microbe anaérobie est toujours accompagné d'un seul ou de plusieurs microbes aérobies : diplocoque, *B. proteus*, staphylocoque, streptocoque. Ces microbes paraissent d'origine intestinale, la terre des tranchées d'où viennent le plus souvent les blessés atteints de gangrène gazeuse étant souvent souillée par des déjections humaines et par les fumiers. MM. Doyen et Yamanouchi ont observé les mêmes microbes dans la flore des plaies de guerre.

Séance du 28 Novembre 1914.

MM. Ed. Zunz et P. György : *A propos du pouvoir protéoclastique du sang au cours de l'anaphylaxie.* Les auteurs ont constaté, 5 à 11 jours après une première injection intraveineuse de sérum de bœuf chez le chien, l'apparition dans le plasma sanguin d'un pouvoir protéoclastique spécial pour les protéines du sérum de bœuf. Il atteint son maximum 15 jours après la sensibilisation. A cette même époque, la réinjection du sérum bovin entraîne le choc anaphylactique chez l'animal sensibilisé. Au cours du choc, le pouvoir protéoclastique spécial du plasma pour les protéines du sérum bovin disparaît. Lorsque le chien survit au choc, le plasma possède, 4 à 10 jours après la réinjection de sérum de bœuf, un pouvoir protéoclastique supérieur à celui noté avant la réinjection. — M. P. Mazé : *Notes sur les chloroses des végétaux.* Il existe plusieurs sortes de chloroses; la plus commune est due à la pénurie du fer. Cet élément est cependant très répandu, mais le calcaire l'immobilise et empêche son absorption par un grand nombre d'espèces végétales en alcalinisant les excrétions de leurs racines. La transplantation favorise la chlorose en détruisant une grande partie des radicelles qui portent les poils absorbants, dont les sécrétions solubilisent les éléments minéraux nécessaires à la plante. Les infections cryptogamiques agissent de même, même lorsque les racines restent intactes, car les champignons sont de forts destructeurs d'acides organiques. Les carbonates alcalins (et les cendres qui en contiennent beaucoup) favorisent aussi la chlorose.

Séance du 12 Décembre 1914.

M. M. Weinberg : *Premiers essais de vaccinothérapie des infections gazeuses.* L'auteur a préparé un vaccin polyvalent avec quatre races de *B. perfringens* provenant de cas de gangrène gazeuse mortelle. Ce vaccin est constitué par une émulsion de microbes lavés en eau physiologique, chauffés deux jours de suite pendant une heure à 60°. Administré dans cinq cas de gangrène ou de phlegmon gazeux, ce vaccin a produit une amélioration rapide, même lorsque la plaie n'a pas été débridée. Ce vaccin est tout à fait inoffensif et paraît aider l'organisme à lutter contre l'infection, lorsqu'elle n'évolue pas très rapidement.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 20 Novembre 1914.

M. Louis Ancel : *Sur la photométrie des éclipses de Soleil des 17 avril 1912 et 21 août 1914 à l'aide d'une cellule de sélénium et d'un galvanomètre enregistreur photographique.* La mesure de l'intensité lumineuse pendant la durée d'une éclipse a déjà été tentée à plusieurs reprises par divers expérimentateurs, soit par pointé, soit à l'aide d'un enregistrement photographique. Quelques observations intéressantes ont été faites en utilisant, pour ces mesures photométriques un peu spéciales, les propriétés bien connues du sélénium. Dans ce but, l'auteur s'est adressé d'une part à des cellules de sélénium spéciales, construites en vue de leur donner le maximum de sensibilité et le minimum d'inertie, et d'autre part à l'enregistrement photographique, continu pour les intensités galvanométriques et discontinu pour le temps. On obtient ainsi des courbes complètes, représentant bien la marche du phénomène et facilitant beaucoup les mesures. Lors de l'éclipse du 17 avril 1912, M. Ancel avait installé des appareils à Saint-Germain, dans la station choisie par M. de la Baume-Pluvinel. Le matériel, très simple, comprenait une de ses nouvelles cellules de sélénium à couche mince et à inertie extra-réduite, éclairée par les rayons lumineux réfléchis par le jeu des miroirs d'un héliostat. La cellule était reliée à un galvanomètre photographique Chauvin et Arnoux de grande sensibilité et à un petit accumulateur de 4 volts. Un petit milliampèremètre ordinaire à lecture directe, intercalé dans le circuit, servait au tarage préalable du galvanomètre. Ce dernier comportait deux miroirs éclairés par une lampe Nernst à travers une fente. L'un des miroirs servait à la mise au point sur une échelle divisée fixée sur un verre rouge, l'autre à l'enregistrement photographique. Les intensités ont été portées en ordonnées sur la courbe, et les temps en abscisses. Pour avoir les

temps, l'auteur s'est servi des signaux horaires spéciaux émis ce jour-là par le poste radiotélégraphique de la Tour Eiffel. Il avait installé à proximité un poste récepteur « au son », et au moment précis de chaque top horaire, un contact établi à la main formait pendant 5 secondes un circuit comprenant une lampe de 2 volts et un accumulateur. La lampe était fixée à l'intérieur du galvanomètre, éclairait la fente du châssis photographique, et donnait sur la courbe une droite. La courbe ainsi obtenue est très bonne, surtout aux environs de la totalité; à ce moment, le rebroussement est très net, ce qui prouve la sensibilité de la cellule et son peu d'inertie, étant donnée la durée extrêmement courte du phénomène. Cette année, vu les graves événements actuels, M. Ancel s'est contenté de faire le 21 août une observation analogue à celle de 1912, avec le même matériel, légèrement simplifié en raison du temps nuageux. L'héliostat avait été supprimé, et la cellule était directement éclairée par les rayons solaires, assez rares du reste ce jour-là. Les tops horaires par pointés lumineux, au lieu d'être donnés par les signaux horaires de la Tour Eiffel, étaient obtenus à l'aide d'une pendule électrique à contact; le circuit de la petite lampe était ainsi fermé automatiquement au moment voulu. La courbe obtenue est peu intéressante, en raison des variations continuelles de luminosité provoquées par le passage des nuages devant le Soleil. Néanmoins, l'allure générale de la courbe donne une idée approchée du phénomène. Il est à souhaiter que de telles observations puissent être reprises lors des prochaines éclipses, car elles permettraient avec des appareils précis, outre l'enregistrement photométrique, l'enregistrement et la mesure exacte de la durée de la totalité.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Communications reçues pendant les vacances.

MM. **A. Parker** et **A. V. Rhead** : *Les vitesses des flammes dans les mélanges de méthane et d'air.* Les auteurs ont déterminé les vitesses des flammes dans des mélanges de CH^4 et air en diverses proportions, à divers points de tubes de verre, de cuivre, de fer et de plomb de 2,5 centimètres de diamètre. Comme indicateur de flamme, on employait des bandes minces d'alliage de Wood (F. 72°), tendues au travers des tubes; ces ponts métalliques étaient reliés électriquement à un aimant, commandant un style sur un tambour tournant. La propagation de l'extrémité ouverte vers l'extrémité close a lieu en trois périodes : dans la première, la flamme se meut avec une vitesse constante et uniforme; dans la seconde, on observe des mouvements vibratoires et une augmentation soudaine de vitesse; dans la troisième, la vitesse revient à une valeur uniforme quand la flamme approche de l'extrémité close. Dans des tubes de même diamètre, la vitesse est moindre lorsque la substance possède une haute conductibilité calorifique. Le mélange le plus explosif, contenant 10 °/₀ de méthane, présente une vitesse initiale de 70 centimètres par seconde. La vitesse diminue quand la proportion de CH^4 varie en plus ou en moins; elle tombe à 0 pour 4,5 ou 13,1 °/₀ de méthane. — MM. **H. B. Dixon**, **L. Bradshaw** et **C. Campbell** : *L'allumage des gaz par compression adiabatique. I. Analyse photographique de la flamme.* Les gaz, contenus dans un tube de verre, sont comprimés par un piston et les flammes produites sont photographiées sur une pellicule se déplaçant rapidement. Les photographies montrent : 1° que le piston ne s'arrête pas au moment où les gaz atteignent leur point d'inflammation, mais au moment où l'on enlève la pression; 2° que la nature de la flamme dépend en partie de la vitesse de compression du piston; 3° qu'il ne se produit pas de violentes ondes de compression, comme dans l'allumage par étincelle; 4° que les mélanges explosifs de gaz ne détonent pas quand on les allume par compression adiabatique et que le point d'inflammation réel n'est pas synchrone avec l'apparition de la flamme. — MM. **H. B. Dixon** et **J. M. Crofts** : *L'allumage des gaz par compression adiabatique. II. Les points d'inflammation des mélanges contenant le gaz électrolytique.* Les auteurs ont déterminé les points d'inflammation par compression adiabatique, suivant les indications de Nernst. Le point d'inflammation du gaz tonnant est de 526°. L'addition d'un excès d'O abaisse le point d'inflammation jusqu'à ce que la limite d'inflammabilité soit atteinte, ce qui est contraire aux résultats de Falk. L'addition d'azote ou d'hydrogène élève progressivement le point d'inflammation et agit apparemment comme un gaz inerte. Dans le premier cas, le point d'inflammation peut être calculé par la formule $t°_N = (526 + 11\ x)°$, où x est le nombre de volumes de N ajoutés à trois volumes de gaz tonnant, le mélange étant noté : $2H^2 + O^2 + xN^2$. Pour le second mélange, $2H^2 + O^2 + xH^2$, le point d'inflammation est donné par la formule $t°_H = (526 + 18\ x)°$. La limite d'inflammabilité est atteinte pour le mélange contenant 14 volumes de gaz ajouté à 3 volumes de gaz tonnant. — M. **A. J. Daish** : *L'action de HCl concentré froid sur l'amidon et le maltose.* Dans l'hydrolyse de l'amidon par HCl fumant froid (D = 1,21), il est probable qu'il se forme, comme avec les enzymes diastasiques, successivement de l'amidon soluble, de la dextrine et du maltose, mais ces stades se suivent si rapidement qu'au bout de cent trente-cinq minutes 86 °/₀ de la quantité théorique de dextrose a été formée. Le maltose est hydrolysé en dextrose beaucoup moins rapidement que l'amidon lui-même, de sorte que, quoique HCl fumant décompose très rapidement l'amidon en maltose, la production du dextrose est limitée par la vitesse d'hydrolyse du maltose. Contrairement à l'opinion de Willstætter et Zechmeister, quand le dextrose est dissous dans HCl concentré, il y a une légère action synthétique, même en présence de 1 °/₀ de sucre, ce que montre l'augmentation graduelle du pouvoir rotatoire spécifique. L'étude polarimétrique montre que le coefficient de vitesse de l'action de HCl fumant sur le maltose est pratiquement constant pendant toute la réaction (0,0103 à 0,0106); l'action est pratiquement monomoléculaire. Avec l'amidon soluble, le coefficient de vitesse s'élève constamment pendant l'hydrolyse (0,0052 à 0,0063). Ces résultats sont analogues à ceux qu'on a observés avec les enzymes. — M. **B. M. Jones** : *La dissociation du trioxyde d'azote gazeux.* L'auteur a déterminé la densité de vapeur du trioxyde d'azote sec à une série de températures et de pressions variant de 15° à 139° et de 106 à 818 millimètres. Les densités obtenues varient de 35,07 à 24 (H = 1). Les nombres trouvés concordent parfaitement avec l'hypothèse que le trioxyde d'azote « sec » se dissocie suivant l'équation : $N^2O^3 \rightleftarrows N^2O^3 + NO^2 + NO$, la dissociation étant à peu près complète à 140°. L'auteur a calculé la constante de dissociation à diverses températures. — M. **E. Ch. Grey** : *Détermination volumétrique du carbone dans les substances aliphatiques par voie humide.* La méthode est basée sur l'oxydation de la substance par le bichromate de K et l'acide phosphorique en CO^2 ou en un mélange de CO et d'acide acétique. CO^2 est mesuré et l'acide acétique est distillé du fluide résiduel et titré avec la baryte N/30. La méthode donne des résultats exacts. Quand la substance est oxydée quantitativement en CO^2, il suffit d'en prendre 2 à 3 centigrammes; mais, pour déterminer l'acide acétique, il en faut au moins 1 décigramme. L'acide acétique est formé par les substances contenant un groupe méthyle dans la chaîne; la méthode donne donc simultanément quelque indication sur la constitution de la substance.

Le Gérant : A. Maretheux.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

26e ANNÉE N° 2 30 JANVIER 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, Place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Joseph Déchelette. — Mort au champ d'honneur dans l'Aisne, le 4 octobre 1914, à la tête d'une troupe d'infanterie territoriale, Joseph Déchelette s'était acquis un renom très mérité par ses savants travaux d'archéologie ancienne.

Né à Roanne en 1862, il était entré jeune dans l'industrie et avait dirigé une importante usine de filage; c'est précisément au cours des voyages nécessités par les besoins de son industrie, qu'il se passionna pour la préhistoire et l'archéologie, et se mit à réunir de nombreux documents; s'étant retiré ensuite des affaires, il se consacra exclusivement à cet ordre d'études.

Il fit paraître d'intéressants travaux d'archéologie locale, notamment, avec E. Brassart : *Les peintures murales du Moyen âge et de la Renaissance en Forez* (avec gravures). Puis, ayant continué après la mort de Bulliot, dont il était le neveu, les fouilles commencées par ce savant au mont Beuvray, sur l'emplacement de Bibracte, il publia : *L'oppidum de Bibracte, Guide du touriste et de l'archéologue au mont Beuvray et au Musée de l'Hôtel Rolin* (1903, in-12, avec plan, carte et fig.); *Les fouilles du mont Beuvray de* 1897 *à* 1901. *Compte rendu suivi de l'inventaire général des monnaies recueillies au Beuvray et au Hradischt de Stradonitz en Bohême ; étude d'archéologie comparée* (1904, in-8°, 26 pl. hors texte et fig.). Un autre de ses ouvrages, *Vases céramiques ornés de la Gaule romaine* (*Narbonnaise, Aquitaine et Lyonnaise*), 2 vol. in-4°, 1700 dessins et pl. hors texte), lui valut en 1905, de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, la première médaille des antiquités de la France.

Mais l'œuvre la plus considérable de Déchelette, et qui lui vaut la plus haute notoriété, est son *Manuel d'archéologie préhistorique celtique et gallo-romaine.* Il s'est proposé d'y présenter une synthèse de toutes nos connaissances sur les antiquités de la Gaule depuis l'apparition de l'homme jusqu'à la chute de l'empire romain, entreprise que l'extrême dissémination des sources rendait particulièrement difficile et qui devenait d'autant plus utile que les matériaux d'étude se multipliaient.

Dans le tome Ier, *Archéologie préhistorique* (1908, in-8°, 249 fig. et pl.), l'auteur traite de ces temps primitifs, antérieurs à la connaissance des métaux, si justement appelés préhistoriques, puisque aucune source historique à proprement parler ne nous éclaire sur eux et que c'est aux sciences naturelles qu'il faut s'adresser pour être renseigné sur les conditions de la vie humaine; c'est donc par rapport aux âges géologiques et à l'apparition des diverses faunes successives qu'il y étudie les traces de l'existence de l'homme.

Le tome II, *Archéologie celtique ou protohistorique*, qui nous conduit jusqu'à la conquête de la Gaule par César, comprend deux parties formant chacune un volume : 1re partie, *Age du bronze* (1910, in-8°, 212 fig., 5 pl. hors texte) ; 2e partie, *Premier âge du fer ou époque de Hallstatt* (1913, in-8°, 172 fig., 3 pl. hors texte, 1 carte). A ce tome II s'ajoutent deux volumes d'*Appendices* (1910) et *Supplément* (1913), contenant des inventaires des dépôts de l'âge du bronze, des moules de la même époque, des épées et poignards de fer de l'époque de Hallstatt, ainsi que des dépôts de nécropoles et sépultures, relevés avec indications bibliographiques et, qui s'étendant à tout le territoire, sont classés par départements et communes.

Cette œuvre d'érudition est restée malheureusement inachevée, et en 1913 était annoncé un troisième tome : *Second âge du fer ou époque de la Tène.* Il faut espérer que cette partie se trouvait suffisamment avancée pour être en état de voir le jour. Quoi qu'il en soit, l'ouvrage de Joseph Déchelette demeurera fondamental en la matière, et il servira de base et de guide à tous les travaux ultérieurs.

Déchelette était conservateur du Musée de Roanne, membre correspondant de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, chevalier de la Légion d'honneur. Il a fait des legs importants à sa ville natale et lui a laissé notamment sa bibliothèque et une riche collections de tableaux.

Gustave Regelsperger.

§ 2. — Physique.

Les signaux sonores et les zones de silence. — On a observé depuis longtemps que dans certaines conditions un signal sonore peut être entendu près de la source et de nouveau à une distance considérable, tandis qu'il est imperceptible dans l'intervalle.

G. Stokes a expliqué l'existence de ces zones de silence par l'effet du vent sur le son. La vitesse du vent, par suite du frottement superficiel sur le sol, augmente avec la hauteur, et, comme la vitesse du son est constante, non par rapport au sol, mais par rapport à l'air qu'il traverse, le front de l'onde, vertical à un moment donné, s'inclinera ensuite en arrière si le son se propage contre le vent, et en avant s'il va dans la direction du vent. En d'autres termes, le son tend à quitter le sol dans le premier cas, et à s'y maintenir dans le second. Si l'on peut employer le terme de « rayon » en parlant du son, le rayon contre le vent est dévié vers le haut, le rayon sous le vent vers le bas.

Ce n'est pas tant la vitesse absolue du vent qui agit ici que son gradient, c'est-à-dire sa variation avec la hauteur. Pour qu'il existe une région de silence, des deux côtés de laquelle le son soit perceptible, il faut que le rayon sonore forme un arc au-dessus d'elle ; ce fait se produira naturellement si les gradients de vitesse du vent changent de signe à des niveaux appropriés.

Un calcul très simple, fait par M. A. Mallock [1], permet de déterminer quels gradients sont nécessaires pour qu'un rayon (c'est-à-dire la normale à l'onde fron-

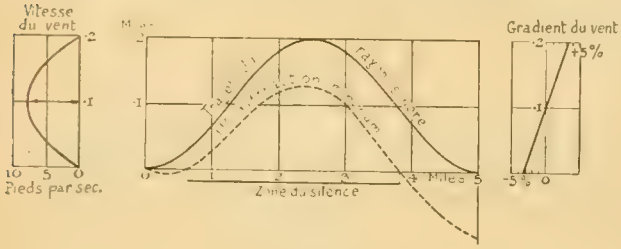


Fig. 1.

tale) suive une courbe harmonique d'amplitude et de longueur d'onde données. La figure 1 représente graphiquement les données relatives à une courbe harmonique dont la longueur d'onde est de 5 milles, et l'amplitude de 0,1 mille On voit, à gauche, que la vitesse du vent correspondant à ce trajet du son doit partir de 0 au niveau du sol pour atteindre 8,05 pieds par seconde à la hauteur de 0,1 mille et revenir à 0 à une hauteur double. Dans ces conditions, le gradient du vent varie de — 3,3 °/₀ à + 3,3 °/₀ (voir à droite).

Le trajet réel du son ne sera pas donné, toutefois, par la courbe harmonique, car il faut tenir compte de la diffraction du son dans l'espace vers le sol. Si l'on traite la diffraction du son comme celle d'une onde lumineuse plane passant sur le bord d'un écran, on obtient, pour le premier minimum de diffraction, dans le cas d'une longueur d'onde sonore de 0,001 mille (celle des sirènes en temps de brouillard), la ligne pointillée de la figure. On voit que, dans cet exemple, il existera une zone de silence d'environ 3 milles de largeur, commençant à 3/4 de mille de la source sonore.

Mais la variation de la vitesse du vent n'est pas la seule cause de déviation des rayons sonores. La vitesse du son est proportionnelle, entre autres, à la racine carrée de la température absolue, et un changement de température de 1° correspond en fait à une variation de vitesse d'environ 2 pieds par seconde. En règle générale, la température de l'atmosphère s'abaisse à mesure que l'altitude augmente, de sorte que tous les rayons sonores qui partent horizontalement d'une source proche du sol sont déviés vers le haut, quelle que soit leur direction azimuthale ; c'est probablement à cause de cela que, même en temps calme, les sons intenses ne sont perçus à la mer qu'à des distances très modérées. A d'autres moments, par contre, on observe des renversements du gradient de température, surtout le soir, quand l'air près du sol est refroidi par la radiation et forme un réservoir d'air froid sous une couche plus chaude. Dans ces cas, l'effet sur le son dans tous les azimuts est du même genre que celui qu'on observe sous le vent d'une source quand la vitesse du vent augmente avec la hauteur. C'est une explication probable de l'augmentation de perception des sons la nuit.

Si l'on admet que la température de l'atmosphère près du sol diminue avec la hauteur d'environ 10° par mille, la vitesse du son dans cet intervalle diminuera d'environ 20 pieds par seconde. Le calcul montre qu'un rayon sonore qui part horizontalement, et suit le trajet du premier minimum de diffraction, ne sera pas perceptible, quelle que soit son intensité initiale, à une distance de plus de 8 milles environ, ce qui concorde assez bien avec l'expérience.

Les sons qui ont leur origine à une hauteur considérable peuvent être entendus à de plus grandes distances. Le tonnerre, par exemple, est quelquefois entendu quand l'éclair qui lui donne naissance ne se montre même pas à l'horizon, ce qui indique une distance de l'ordre de 50 à 100 milles.

Beaucoup d'expériences intéressantes sur la propagation des sons dans diverses conditions seraient à tenter ; malheureusement, elles dépassent les moyens d'un observateur privé et ne pourraient être entreprises que par une Commission gouvernementale.

§ 3. — Chimie.

L'explosibilité des mélanges d'ammoniac et d'air. — H. Bunte a étudié les circonstances qui ont déterminé une explosion ayant produit des dommages importants dans une fabrique de glace, et il a reconnu que c'était un mélange d'air et d'ammoniac échappé du réfrigérateur qui avait dû prendre feu.

Cette conclusion est en opposition avec toutes les expériences tentées précédemment, qui n'ont pu aboutir à faire exploser des mélanges d'ammoniac et d'air. Aussi E. Schlumberger et W. Piotrowski [1] ont-ils repris l'étude de ce sujet, dont l'importance pratique est considérable.

Ils ont trouvé que la principale raison de l'échec signalé plus haut réside dans l'emploi de tubes très minces, dont l'effet réfrigérant des parois est relativement grand, surtout suivant le mode d'inflammation employé. Les auteurs se sont donc servis d'un vase sphérique, forme la plus favorable à une combustion complète, où l'inflammation avait lieu au centre. Pour celle-ci, ils produisaient une étincelle toujours de même intensité par la décharge d'un accumulateur de 10 volts avec une bobine d'induction de construction spéciale et un interrupteur à pendule. Les électrodes dans le vase à explosion étaient formées par des fils de platine de 0,3 millimètre, distants de 6 millimètres.

L'explosion se produit avec de l'ammoniac parfaitement sec et de l'air desséché par passage sur de l'acide sulfurique concentré ; si l'air est desséché, en outre, par passage sur P^2O^5, l'explosion n'a plus lieu. Les auteurs assurèrent donc un état d'humidité constante par passage de l'air à travers de l'acide sulfurique dilué de densité 1,340, ayant une tension de vapeur d'eau de 8,494 millimètres à 20°.

Dans ces conditions, en employant un vase d'explosion sphérique de 110 millimètres de diamètre, d'une

[1] *Proc. of the Royal Soc.*, t. XCI, p. 71-75.

[1] *Journ. Gas Lighting*, t. CXXVIII, p. 365 ; 1914.

capacité d'environ un demi-litre, les limites d'explosibilité des mélanges d'air et d'ammoniac sont de 16,5 et 26,8 °/₀ de NH^3 en volume. Dans une burette de Bunte de 19 millimètres de diamètre, avec une coupure à étincelle de 2 millimètres, on n'a pu obtenir aucune explosion, mais on a observé une combustion continue entre les limites de 19 et 25 °/₀ de NH^3. Le mélange qui correspond à la combustion parfaite de l'ammoniac par l'oxygène de l'air renferme 21,9 °/₀ de NH^3 en volume.

§ 4. — Photographie

Pellicule de gélatine, souple et ininflammable, pour la Radiologie. — M. Landouzy a présenté aux séances du 4 janvier de l'Académie des Sciences de Paris et du 5 janvier de l'Académie de Médecine des radiographies faites par le Dr Maingot au Laboratoire de Radiologie de l'Hôpital Laennec, et dont l'intérêt réside surtout dans la matière impressionnable qui a fourni ces images.

Il s'agit d'un substratum pour émulsion sensible présentant, au point de vue de la radiographie médicale, et particulièrement de la radiographie aux armées, des avantages très appréciables.

La plaque de verre est remplacée par une mince feuille de gélatine parfaitement homogène et transparente, suffisamment résistante pour les manipulations photographiques et les tirages en nombre indéfini. Ces pellicules se conservent aussi longtemps que les plaques ordinaires; elles ont toutes les commodités des pellicules en celluloïd, sur lesquelles elles l'emportent en sécurité, étant ininflammables, et en bon marché. La finesse des images ne laisse rien à désirer.

La pellicule « Securitas » se compose pratiquement de trois parties : l'émulsion, le support en gélatine et une feuille de cartoline qui adhère à la gélatine par les bords. La cartoline soutient la gélatine pendant les opérations photographiques; sans elle, la pellicule, ramollie par les bains, se déformerait, se déchirerait. Après séchage, un coup de ciseau enlève les bords, la lame de cartoline tombe et la gélatine se présente absolument comme une pellicule de celluloïd.

Les manipulations photographiques se font comme sur les papiers au bromure : on les surveille soit par transparence, soit par réflexion.

Le grand intérêt, au point de vue médical, de la nouvelle pellicule, c'est d'abord la facilité d'avoir sous un volume réduit, sous un faible poids et sans danger de détérioration, les matériaux d'un grand nombre de radiographies. Comme les papiers photographiques, les pellicules sont susceptibles d'être épinglées à la feuille d'observation.

La pellicule ne se brise jamais, comme il arrive avec les plaques quand elles sont un peu en porte à faux ou quand la forte pression, soit d'une saillie osseuse, soit d'un appareil plâtré, se répartit sur une étroite surface.

Une plaque de 40 × 50 pèse en moyenne 995 gr. Une pellicule de mêmes dimensions pèse 80 gr. avant la séparation de la lame de cartoline, et seulement 28 gr. après.

Ainsi la substitution au verre lourd, encombrant, fragile et cher, d'un produit léger, souple, bon marché, suffisamment résistant, transparent et homogène, ininflammable, constitue un sérieux perfectionnement de l'outillage des laboratoires de Radiologie.

Modifications du pouvoir développateur de l'hydroquinone, résultant des substitutions effectuées dans le noyau aromatique. — On connaissait déjà l'influence qu'exercent, sur les propriétés révélatrices, l'éthérification ou la salification des groupes de la fonction développatrice, ainsi que l'introduction dans le noyau des groupes OH et COOH[1]. L'influence d'autres substitutions n'ayant pas été étudiée, MM. Lumière et Seyewetz se sont proposé de combler cette lacune dans le cas du révélateur photographique le plus simple, l'hydroquinone, en comparant son activité révélatrice et celle de ses dérivés chlorés, bromés, sulfonés, chlorosulfonés, bromosulfonés, nitrés et hydrocarbonés.

Pour que les essais soient aussi comparables que possible, on a utilisé une solution unique :

Eau.	1.000 c.c.
Carbonate de soude anhydre. .	55 gr.
Sulfite de soude anhydre . . .	40 gr.

dont on a prélevé 100 centimètres cubes pour constituer chaque révélateur. On y a dissous des quantités équimoléculaires de diverses substances révélatrices correspondant à 1 gramme d'hydroquinone. Toutes les solutions ont été employées à une même température (18 degrés) pour développer les plaques d'une même émulsion exposées dans des conditions identiques. Le cliché développé à l'hydroquinone a servi de type, et on lui a comparé les clichés développés avec ses divers dérivés de substitution. Voici le résultat de ces expériences :

Monochlorohydroquinone : un peu plus énergique que l'hydroquinone.

Dichlorohydroquinone : un peu plus énergique que la monochlorohydroquinone.

Tétrachlorohydroquinone : comme la dichlorohydroquinone.

Monobromohydroquinone : un peu plus énergique que la monochlorohydroquinone.

Dibromohydroquinone : comme la monobromohydroquinone.

Hydroquinone-sulfonate de sodium : beaucoup moins énergique que l'hydroquinone.

Hydroquinone-chlorosulfonate de sodium : plus énergique que l'hydroquinone sulfonique, mais moins que l'hydroquinone.

Hydroquinone-bromosulfonate de sodium : plus énergique que l'hydroquinone chlorosulfonique, presque comparable à l'hydroquinone.

Mononitrohydroquinone : se comporte comme l'hydroquinone-monosulfonate de sodium.

Dinitrohydroquinone : ne possède plus de propriétés révélatrices, même en présence des alcalis caustiques.

Orthotoluhydroquinone : notablement plus énergique que l'hydroquinone.

La même série d'essais a été faite en remplaçant les carbonates alcalins par les alcalis caustiques; on a dissous des poids équimoléculaires des diverses substances révélatrices correspondant à 1 gramme d'hydroquinone dans 100 centimètres cubes de solution suivante :

Eau.	1.000 c. c.
Sulfite de soude anhydre . . .	40 gr.
Potasse caustique.	8 gr.

et on a conduit les essais de développement comparatifs comme précédemment.

L'activité révélatrice de toutes les substances a été notablement augmentée, à l'exception de celle de la dinitrohydroquinone, qui est restée nulle, mais les rapports respectifs des pouvoirs développateurs des diverses substances étudiées sont restés sensiblement les mêmes.

En résumé, les halogènes substitués dans le noyau de l'hydroquinone tendent à en augmenter le pouvoir développateur. Le brome est plus actif que le chlore. Le groupement sulfonique et le groupement nitré atténuent notablement l'énergie développatrice de l'hydroquinone. Deux groupes nitrés substitués dans le noyau de l'hydroquinone détruisent complètement les propriétés développatrices. Un groupe halogène substitué en même temps qu'un groupement sulfonique atténue l'effet retardateur de ce groupe sulfonique, même quand on fait varier la position respective de ces deux groupes. Enfin, la substitution d'un groupe

[1] A. et L. Lumière : *Bulletin de la Société française de Photographie*, 1891.

méthylé augmente d'une façon très appréciable le pouvoir révélateur de l'hydroquinone.

§ 5. — Botanique

Un hybride du blé sauvage et du blé ordinaire. — M. G. Martinet, professeur et chef de la Station fédérale d'essais de semences de Mont Calme, a présenté, à l'une des dernières séances de la Société vaudoise des Sciences naturelles, une étude sur un croisement entre le blé ordinaire (*Triticum vulgare*) et le blé sauvage de Palestine (*Triticum dicoccoïdes*).

Depuis fort longtemps, les savants se préoccupent de l'origine des céréales, mais jusqu'ici il n'a pas été possible de retrouver le froment à l'état sauvage.

En 1834, Link trouvait une graminée sauvage que l'on rencontre dans les pays balkaniques, en Syrie et en Mésopotamie, le prototype de l'*engrain* (*Triticum monococcum*), et qu'on cultive dans la région de Bâle-Campagne, en particulier.

En 1855, Koschy avait récolté au Mont-Hermon, en Palestine, un exemplaire d'une graminée que Körnicke examina superficiellement en 1873, dont il reprit l'étude en 1889, et qu'il dénomma *Triticum vulgare*, du type *dicoccum amidonnier*.

Le Professeur Aaronsohn [1], de la Station d'essais de Haïfa, en Palestine, parvint à trouver quelques plants de blé sauvage du type *dicoccoïdes*, en compagnie de l'*Hordeum spontaneum*, l'orge spontané. Ces plantes, trouvées dans les rochers et les endroits secs, n'étaient pas pures, ainsi qu'on le reconnut plus tard, et l'on y rencontrait beaucoup d'hybrides. Aaronsohn envoya des graines à un certain nombre de stations expérimentales et de jardins botaniques. C'est ainsi que la Station de Mont-Calme, par l'intermédiaire du Professeur Schröter, reçut quatre de ces graines en 1910.

A la station lausannoise, le blé du Mont-Hermon s'est montré comme une sorte de graminée sauvage ou de fenasse, ne rappelant en rien notre froment amélioré. En 1913, on eut l'idée d'essayer un croisement avec le froment ordinaire, et c'est l'assistant, M. Francey, qui tenta ces essais d'hybridation. Le résultat fut quatre grains assez ratatinés, qui, mis en terre à l'automne, donnèrent quatre plantes dont trois plus grêles que l'autre. A l'épiage et plus tard, les épis de ces trois plantes se développèrent en forme d'épeautre. L'épi de cet hybride est, comme celui du parent *dicoccoïdes* et de l'épeautre, extrêmement fragile. La quatrième plante s'est développée normalement en froment ordinaire. Le croisement n'aura probablement pas réussi. Les graines ont néanmoins été semées, comme celles des trois hybrides, afin de voir la suite.

La découverte d'Aaronsohn devait conduire à la recherche, par sélections et croisements, de races plus endurantes et plus rustiques que nos froments. C'était là son avis, mais ce n'est pas celui de M. Martinet, qui ne croit pas à de tels résultats. Il est, en effet, difficile de réaliser, en quelques années, sur le type sauvage des améliorations qui ont coûté des siècles. D'autre part, on tend à abandonner les espèces et les races anciennes très robustes, sans doute, mais qui ne fournissent qu'un produit de qualité inférieure, tels l'engrain, l'épeautre, la nonette et le seigle, pour préférer la culture de la céréale noble : le froment, perfectionné lui-même sous tous les rapports.

Le *Bureau of Plant Industry* de Washington a obtenu les mêmes résultats que Mont-Calme. Ceux-ci permettent d'envisager une nouvelle classification. Au lieu de faire deux groupes ou séries, celle de l'amidonnier, ou *T. dicoccum*, avec prototype *dicoccoïdes*, et celle sans prototype sauvage, on peut admettre que tous les *Triticum* dérivent de *dicoccoïdes*, qui serait ainsi le blé primitif ou le blé ancêtre.

[1] Voir la *Revue*, t. XX, p. 801.

§ 6. — Sciences médicales.

Les risques d'épidémie de typhus exanthématique et de typhus récurrent dans nos armées en campagne et les mesures à prendre pour les en préserver. — L'histoire prouve que presque toujours des épidémies des deux typhus ont accompagné les grandes guerres. Malgré les progrès de la civilisation, et bien que la France semble, depuis de longues années, indemne de ces deux maladies, les conditions ordinaires de leur développement peuvent se trouver réalisées pendant la guerre actuelle. Ces conditions sont : la pullulation des poux, et l'existence du réservoir de virus, c'est-à-dire d'hommes malades et sur lesquels ces poux puissent s'infecter.

On sait, en effet, — les travaux de Ch. Nicolle et de ses collaborateurs l'ont démontré, — que les poux sont les seuls agents de transmission du typhus exanthématique et du typhus récurrent. Dans les deux cas, le malade, lavé et débarrassé de ses poux, n'est plus contagieux; ses vêtements, son linge, les locaux ne sont dangereux que par les poux qu'ils peuvent héberger.

Le pou est le commensal habituel des contingents indigènes des armées alliées; il parasite les prisonniers allemands, se multiplie sur la population miséreuse des territoires envahis et chez nos soldats, dans la vie immobile des tranchées.

Le réservoir de virus sera tôt ou tard importé, si l'on n'y prend garde, par les contingents indigènes, en particulier par ceux de l'Afrique du Nord, où les deux typhus sont endémiques et sévissent actuellement, et par les prisonniers originaires de contrées notoirement contaminées : Silésie, Galicie, provinces slaves.

L'hiver est précisément la saison où les épidémies débutent en Afrique; c'est aussi celle où les poux se multiplient sous les vêtements accumulés et que le froid empêche de changer.

Pour qui connaît la gravité de ces maladies, capables de terrasser en quelques jours d'importantes fractions de troupes, des mesures prophylactiques s'imposent. Voici celles que MM. Nicolle et Conseil ont recommandées à une récente séance de l'Académie de Médecine* comme fruit d'une pratique de plusieurs années; elles ont amené en Tunisie l'extinction rapide de foyers permanents de typhus exanthématique.

Il faut, en premier lieu, empêcher l'apport du virus. Pour cela, surveiller sévèrement, au double point de vue état sanitaire et poux, les effectifs indigènes, surtout ceux de l'Afrique du Nord, répéter cette surveillance à leur arrivée en France, s'y outiller pour établir un diagnostic précoce.

Il faut aussi s'opposer à la pullulation des poux. Les moyens sont connus : propreté corporelle, ébouillantement du linge usagé, linge propre; y joindre, pour tuer les insectes, les onctions à l'huile camphrée. Ces mesures seront appliquées, non seulement aux contingents ou prisonniers suspects, mais à tous : militaires et population civile des régions occupées.

Si, malgré ces précautions, un cas de ces maladies était reconnu, c'est toujours du côté du pou qu'il faudrait diriger ses efforts : isolement et désinfection du malade (huile camphrée), de ses effets, des gens de l'entourage, sulfuration des locaux fermés, évacuation des tranchées contaminées, destruction par le feu des abris, matelas, paille, etc. Redoubler en même temps les mesures de propreté vis-à-vis de tout le corps de troupe; le personnel sanitaire, toujours plus frappé, sera l'objet de précautions plus sévères.

L'exécution intégrale de ces mesures pourra paraître irréalisable. Mais, même incomplète, leur application a toujours un résultat favorable. Il a suffi parfois, dans la campagne tunisienne, du simple ébouillantement des linges des malades et de ceux de leur entourage pour éteindre un foyer épidémique menaçant.

[1] *Bull. de l'Ac. de Médecine*, t. LXXIII, n° 1, p. 37-39.

LES CILS ET LEURS DÉRIVÉS

Toutes les questions de morphogenèse se réduisent à chercher comment, aux dépens d'une forme primordiale et fondamentale, se produisent des formes dérivées et variées. La cytogenèse nous fait assister à de telles transformations et dérivations de la part des organites qui composent la cellule. Or le nombre de ces organites est relativement restreint : c'est le noyau; c'est la sphère cellulaire avec le centrosome ou le corpuscule central ; ce sont aussi les mitochondries ou chondriosomes, c'est-à-dire ces petits corps différenciés dans le cytoplasme, dont l'importance a de tout temps paru être en raison de leur petitesse; ce peuvent être diverses enclaves cellulaires; ce sont enfin les prolongements que le cytoplasme pousse au dehors. L'étude de la spermiogenèse, de la transformation d'une cellule spermatique en spermatozoïde, nous offre un exemple typique et classique des changements profonds que peuvent subir ces organites cellulaires. D'autres exemples pourraient être donnés, parmi lesquels l'un des plus intéressants est sans contredit celui des cellules ciliées.

Le cil est en effet un de ces organites fondamentaux de la cellule, susceptibles de prendre des formes variées en s'adaptant à des fonctions spéciales. C'est un petit prolongement du cytoplasme, que la cellule pousse de sa surface libre au dehors; mais la matière dont il est formé n'est pas du protoplasme ordinaire, puisqu'il est animé d'un mouvement particulier, le mouvement vibratile. Quelque primordial cependant que paraisse cet organite ciliaire, on peut se demander, puisqu'il n'est qu'un prolongement du protoplasma dont la substance s'est modifiée, s'il ne provient pas lui-même de quelqu'autre organite cellulaire plus primordial encore et plus général. D'autre part, nous pourrons voir ce cil se transformer comme tout autre organe cellulaire et devenir, par des modes variés, l'un des divers organes spécifiques de cellules morphologiquement très différenciées et à fonction spécialisée. Enfin, puisque le cil n'est qu'un prolongement du protoplasma cellulaire, nous pourrons nous attendre à ce que la production des cils soit fortement contingente et dépendante des conditions extérieures et à ce qu'ils disparaissent de la surface de la cellule, quand les conditions favorables à leur maintien auront disparu ou quand des conditions défavorables seront survenues; bref, la différenciation de la cellule ciliée n'est sans doute que très peu solide et le cil est une formation probablement transitoire.

Ce sont là les trois côtés de la question des cils qu'il est intéressant d'examiner au point de vue biologique général. Il sera nécessaire auparavant de donner un aperçu de la morphologie générale des cils.

I. — Morphologie générale des flagelles et des cils.

Les formations ciliaires se présentent sous deux formes principales. Tantôt la cellule ne porte qu'un ou quelques prolongements ciliformes, mais très forts ; ces prolongements sont les *fouets* ou *flagelles*; la *cellule* est dite alors *flagellée*. Tantôt la surface de la cellule est hérissée d'un grand nombre de poils fins, les *cils*, dont l'ensemble forme un appareil cilié; la *cellule* est alors dite *ciliée*. La forme du mouvement, bien qu'un peu différente dans l'un et dans l'autre cas, est cependant essentiellement la même ; c'est un mouvement de vibration plus ou moins rapide, un mouvement vibratile.

§ 1. — Les Flagelles.

Les flagelles représentent une forme de l'organite ciliaire incontestablement plus primitive que le cil lui-même.

Parmi ces flagelles, les expansions très particulières que portent les Bactéries mobiles et qu'on appelle improprement les « cils » des Bactéries peuvent être considérées comme l'état le plus inférieur (fig. 1). Tantôt ces fouets sont en petit nombre et polaires, placés à l'une des extrémités du corps bactérien ou aux deux (A); tantôt leur distribution est diffuse et ils couvrent en grand nombre toute la surface du corps (B). Après bien des controverses, où l'on a mis en doute la réalité même de leur existence, il a bien fallu convenir de leur authenticité et bien plus de la spécificité de leur nature, puisque des méthodes électives de coloration seules permettent de les voir.

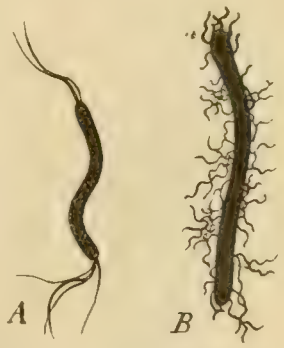


Fig. 1. — *Cils des Bactéries.* — A, Spirillum undula avec fouets polaires (préparation originale). B, Bacille du vaccin I du charbon, avec fouets diffus sur tout le corps (d'après Dupond).

La singularité d'allure des fouets des Bactéries s'explique par la position tout à fait à part qu'oc-

cupent les Bactéries dans l'ensemble des êtres organisés. Pour avoir des exemples de véritables flagelles, il faut s'adresser soit aux Infusoires Flagellates, soit aux zoospores des plantes, soit aux gamètes des végétaux et des animaux.

Fig. 2. — *Spirochètes* (Spirochæte dentium, d'après Hartmann et Mühlens, copié dans Dollein). — Le spirochète de gauche sans fouets distincts; celui du milieu terminé à chacune de ses extrémités par un fouet; celui de droite avec un flagelle seulement.

De nombreux Protistes présentent à l'état adulte ou végétatif des fouets ou flagelles. Les Spirochætides, qui passent pour être la forme la plus simple et la plus inférieure du groupe des Flagellates, et dont le Tréponème de la syphilis est l'exemple célèbre, peuvent être considérés comme formés d'un corps cylindrique ou aplati et souvent bordé d'une membrane ondulante, toujours plusieurs fois tordu en hélice, qui se termine le plus souvent à chacune de ses extrémités en une pointe flagelliforme (fig. 2).

Chez les vrais Infusoires Flagellates, il existe un ou plusieurs flagelles puissamment développés. Ce sont, les Flagellés parasites surtout, des organismes en général allongés (fig. 3). Outre le noyau, on y aperçoit un corps chromatique *b*, représentant le centrosome des cellules ordinaires et nommé *blépharoplaste*, parce que les fouets *f* y prennent plus ou moins directement insertion et même se forment à ses dépens; au delà du blépharoplaste, le fouet peut se prolonger dans le corps cellulaire par un filament radiculaire *r* appelé *rhizoplaste*. Il faut encore signaler dans certains Flagellates parasites la présence d'une tige axiale ou « axostyle », qui va du noyau à l'extrémité du corps opposée à l'insertion du ou des flagelles principaux. Des fouets que possèdent les Infusoires Flagellates libres ainsi que les zoospores des végétaux, il n'y a rien de particulier à noter, sinon que, dans les cas bien observés, l'insertion des fouets se fait comme précédemment sur un ou plusieurs corpuscules chromatiques ou blépharoplastes.

Fig. 3. — *Flagellate* (Bodo lacertæ), d'après Hartmann. — *f*, fouets; *b*, blépharoplaste formé de deux corpuscules chromatiques superposés; *r*, rhizoplaste; *n*, noyau.

Les fouets des gamètes végétaux et animaux sont beaucoup plus intéressants. Le plus souvent, on le sait, les deux gamètes sont inégaux, et le gamète mâle seul est flagellé, et mobile. C'est ce que de nombreuses recherches ont établi pour les Protistes. Chez les végétaux, le gamète mâle est le plus souvent le seul à avoir conservé les caractères d'une cellule mobile et flagellée, d'un véritable animal flagellate; c'est un spermatozoïde. Mais c'est surtout chez les animaux que les gamètes mâles, ou spermies, méritent le nom de *spermatozoïdes* par leur ressemblance avec les Protistes flagellés. A parcourir les planches que Retzius a consacrées à l'iconographie des spermatozoïdes dans tous les groupes de la série animale, on a l'impression que ces spermatozoïdes reproduisent, avec quelques modifications adaptatives, à peu près toutes les formes essentielles représentées chez les Protistes Flagellates. Malgré des différences étroitement spécifiques, la constitution fondamentale du spermatozoïde demeure partout la même. Il se compose (fig. 4) de deux parties : la *tête* et la *queue*. La tête *t*, qui représente le noyau de la cellule spermatique transformé, est surmontée à son extrémité antérieure par un corps de figure variée, l'« acrosome » ou « corps céphalique » *a*. La queue ou filament caudal est le flagelle de la cellule. Elle comprend plusieurs parties : la « pièce moyenne » ou « d'union » *pm*, par laquelle la tête se relie au reste du flagelle; la « pièce principale » *pp*; la « pièce terminale » *pt*. Le filament caudal est formé dans toute sa longueur par une « fibre axile » *f*, qu'entoure, au niveau de la pièce principale et surtout de la pièce moyenne, une gaine plus ou moins épaisse *g*. Un corpuscule proximal chromatique *cp* plus ou moins distinct, qu'on peut appeler le bouton caudal, situé au pôle postérieur de la tête, marque l'insertion de la fibre axile; un autre distal *cd* est placé à l'union de la pièce moyenne et de la pièce principale.

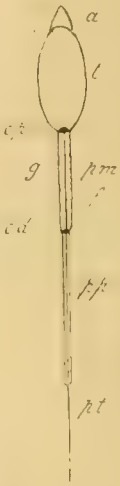


Fig. 4. — *Schéma d'un spermatozoïde.* — *t*, tête surmontée de l'acrosome *a*; *pm*, *pp*, *pt*, pièces moyennes, principale et terminale de la queue; *f*, fibre axile; *g*, gaine qui l'entoure; *cp*, *cd*, corpuscules chromatiques proximal et distal.

Plusieurs points de la structure des flagelles demandent à être précisés. L'un des plus essentiels, c'est la différenciation, dans l'intérieur et sur toute la longueur du fouet, d'une fibre axile plus solide,

qui peut devenir nue dans la partie terminale du flagelle et la constituer à lui seul; c'est, on vient de le voir, le cas pour la queue du spermatozoïde, mais c'est aussi celui du fouet de certains Flagellates. Un second point intéressant est l'insertion du flagelle. Le fouet peut s'enfoncer purement et simplement dans le corps cellulaire, mais on l'a vu aussi se fixer au noyau; le plus souvent il s'insère sur un granule basal ou même sur un corps particulier et volumineux, le blépharoplaste, au delà duquel il se prolonge par une fibre radiculaire ou rhizoplaste (fig. 3).

§ 2. Les Cils.

Les cils sont de fins poils qui couvrent généralement en grand nombre la surface libre des Infusoires Ciliés ou celle des cellules ciliées des Métazoaires. Chacun de ces cils ou mieux de ces organites ciliés se compose de plusieurs parties, ainsi qu'on le sait surtout depuis les recherches d'Engelmann et de Frenzel (fig. 5). C'est d'abord le *cil* proprement dit (*c*), souvent renflé à son extrémité basale en un bulbe (*b*); il se meut dans le liquide ambiant d'un mouvement particulier, vibratile. Ensuite ce cil vibratile s'insère sur un grain ou *corpuscule basal*, très chromatique, simple ou double (*cb*, *cb*). Enfin du corpuscule basal part une fibre radiculaire ou *racine ciliaire* (*r*), qui s'enfonce dans le cytoplasme où on peut la suivre plus ou moins loin.

Fig. 5. — *Schéma d'une cellule à cils vibratiles.* — *c*, cils; *b*, renflement ou bulbe de la base du cil; *cb*, *cb*, les deux rangées de corpuscules basaux; *i*, pièce intermédiaire ou bâtonnet pédieux unissant chaque corpuscule superficiel au corpuscule profond correspondant; *r*, racines convergeant en un faisceau conique qui se termine par un filament pointu dans le corps cellulaire.

Tantôt la cellule ne porte qu'un seul de ces organites ciliés; elle est uniciliée. Tantôt et le plus souvent la cellule est multiciliée, couverte d'un grand nombre d'individus ciliaires, dont l'ensemble forme à la surface de la cellule une bordure vibratile ou appareil cilié.

Quelques points de la morphologie de l'organite cilié doivent être signalés. D'abord dans le cil lui-même, malgré sa ténuité, on a observé, comme dans le flagelle, la présence d'un filament axile plus solide. Quant au corpuscule basal, s'il est parfois simple, il est le plus souvent double (fig. 5), et l'on trouve deux grains superposés (*cb*, *cb*), soit très rapprochés l'un de l'autre et presque confondus en un diplocoque ou diplosome, soit plus éloignés et réunis alors par une courte pièce intermédiaire ou bâtonnet pédieux (fig. 5, *i*). L'alignement, soit des corpuscules basaux, soit des diplocoques basaux, soit enfin des deux rangées corpusculaires et des pièces intermédiaires qui les relient, dessine à la surface de la cellule, vue à un grossissement moyen, une sorte de « plateau », au-dessus duquel s'élèvent les cils eux-mêmes. Les racines ciliaires sont souvent très réduites et paraissent même manquer dans certains cas; d'autres fois elles sont très puissantes et forment souvent alors, en convergeant les unes vers les autres, un faisceau radiculaire conique qui plonge profondément dans le cytoplasme (fig. 5, *r*).

II. — Valeur morphologique des flagelles et des cils et de leurs parties constitutives.

Connaissant la constitution des flagelles et des cils, la question se pose de leur valeur morphologique et de celle des diverses parties dont ils sont formés. Cette valeur morphologique ne pourra être regardée comme établie que quand ces organes cellulaires et leurs parties constitutives auront été homologués à d'autres parties fondamentales de l'organisme cellulaire. Car on a le devoir de supposer que les cils et les flagelles ne sont pas primordiaux dans la cellule et de rechercher de quels organites cellulaires essentiels et plus primitifs ils sont les dérivés.

Pour établir ces homologies, on peut d'abord chercher à assister à l'évolution cytologique qui, à travers la série des êtres, a conduit à la constitution des cils et des flagelles; on peut, autrement dit, tenter une étude phylogénétique de ces appendices cellulaires. Il faut tout de suite reconnaître qu'entre les cils et les flagelles il est impossible de tracer une ligne de démarcation tranchée. Si, en effet, le plus souvent la cellule est multiciliée, fréquemment elle est uniciliée, ne porte qu'un individu ciliaire et alors devient tout à fait comparable à une cellule flagellée. De semblables cellules uniciliées sont connues dans les épithéliums de divers organes, et ont été décrites pour la première

fois par K. W. Zimmermann sous le nom de « cellules à fouet central » (*Centralgeisselzellen*, fig. 6). Ces cellules possèdent un seul diplosome *c* formé de deux granules colorables situés l'un au-dessous de l'autre; du granule superficiel part un filament extérieur *af* (*Aüssenfaden*), qui figure le cil ou fouet; au granule profond s'attache un filament interne *if* (*Innenfaden*), qui plonge dans le cytoplasme et qui représente une racine ciliaire ou rhizoplaste. L'ensemble a reçu de Zimmermann le nom de « fouet central » (*Centralgeissel*), parce que les deux granules colorables qu'il renferme sont certainement homologues aux corpuscules centraux (centrosome) des cellules épithéliales ordinaires. Il y a tous les intermédiaires entre une telle cellule (*Centralgeisselzelle*) ne portant qu'un seul organite ciliaire, le fouet central, et semblable à une cellule flagellée, et les cellules multiciliées revêtues de nombreux individus ciliaires juxtaposés en une bordure ciliée. Les cils et les flagelles pouvant donc être considérés comme morphologiquement équivalents, le problème phylogénétique que nous nous posons revient à se demander ce que les flagelles sont à leur tour. Or, divers faits autorisent à penser qu'ils ne sont que des pseudopodes transformés, dans lesquels la structure protoplasmique a changé en même temps que la modalité du mouvement. Dans l'évolution de certains êtres inférieurs se succèdent régulièrement des formes flagellées et des formes amiboïdes à pseudopodes; on a pu alors assister à la transformation des pseudopodes en flagelles. Chez de nombreux Protozoaires, on peut trouver simultanément des pseudopodes et un ou plusieurs flagelles. De l'avis de plusieurs auteurs, si différents que paraissent être l'un de l'autre le mouvement pendulaire et vibratile d'un flagelle et l'expansion amiboïde d'un pseudopode, il n'y a entre les deux qu'une différence de rapidité; certains pseudopodes filiformes ou filipodes à mouvements rapides et rythmiques figurent des formes intermédiaires.

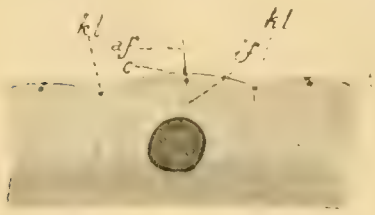


Fig. 6.— *Cellule à fouet central* (Centralgeisselzelle) *du rein du Lapin* (d'après K. W. Zimmermann, un peu modifiée). — *c*, centrosome diplosomique; *af*, filament externe (*Aussenfaden*); *if*, filament interne (*Innenfaden*); *kl*, coupes du cadre cellulaire (*Kittleiste*). A droite et à gauche, cellules à centrosome diplosomique nu.

Ainsi donc, les cils ne se distinguent pas essentiellement des flagelles; ceux-ci ne sont manifestement, à leur tour, que des pseudopodes transformés. Pseudopodes, fouets et cils ne sont donc que trois formes différentes des prolongements mobiles du corps, formes qu'on peut considérer comme phylogénétiquement successives.

Pour se renseigner sur la valeur morphologique des flagelles et des cils, on dispose aussi de l'investigation histogénétique, de l'étude de leur mode de développement. Ce qu'on sait sur le développement du fouet se réduit à constater qu'il naît à partir de son corpuscule basal ou blépharoplaste, soit simplement sous l'influence, soit même aux dépens de la substance de ce dernier; il en est ainsi pour le fouet des Flagellates et pour le filament caudal des spermatozoïdes. L'étude, tant de fois faite, et sur les objets les plus divers, de la spermiogénèse chez les animaux a mis le fait particulièrement en évidence. On a constaté, en effet, que les processus suivants conduisent à la différenciation de la cellule séminale ou spermatide en spermatozoïde définitif.

La spermatide (fig. 7, 1) possède, outre le noyau, outre des mitochondries ou chondriosomes, un centrosome ou diplosome *c*, formé de deux corpuscules centraux et enfermé dans une sphère *s*. Les deux corpuscules se libèrent ensuite de la sphère et gagnent la périphérie de la cellule, en s'y plaçant de telle façon que l'un d'eux soit plus superficiel ou distal, l'autre plus profond ou proximal (2). Puis tandis que le noyau s'allonge pour former la tête du spermatozoïde et que la sphère se porte au pôle antérieur de la tête pour y devenir l'acrosome, il a poussé, à partir du corpuscule central distal et sans doute à ses dépens, un flagelle (2, 3, *f*), qui fait de la spermatide dès ce moment une vraie cellule flagellée. En même temps, le corpuscule central proximal se rapproche du noyau, au pôle postérieur duquel il finit par s'appliquer. Entre les deux corpuscules centraux distal et proximal se dessine une fibre (4, *fa*), qui s'allonge à mesure de l'écartement des deux corpuscules, et dont la substance est probablement empruntée à l'un ou à l'autre de ces corpuscules ou à tous les deux. Le protoplasma de la spermatide se condensera et se rétrécira de plus en plus, et les chondriosomes qu'il contient, en se confondant les uns avec les autres, formeront une gaine à cette fibre tendue entre les deux corpuscules. Le flagelle extérieur et la fibre intérieure qui lui fait suite représenteront dans le spermatozoïde définitif (5) les deux régions de la fibre axile de la queue, la première nue, correspondant à la pièce terminale (*pt*), la seconde engainée par le protoplasma et les chondriosomes, répondant à la pièce moyenne (*pm*) et peut-être aussi à la pièce principale (*pp*). Or, cette fibre axile, partie constitutive essentielle de la queue du spermatozoïde, véritable organe flagellaire, provient, comme on vient de le voir, des corpuscules

centraux de la spermatide qui fonctionnent donc comme de vrais blépharoplastes.

Quant à la genèse des cils, bien que les résultats des observations soient quelque peu contradictoires, il semble bien probable d'abord que les cils naissent à partir des corpuscules basaux sur lesquels plus tard ils continueront à s'insérer. Il est très vraisemblable aussi, quoique la question ait été très débattue et le soit encore, que ces corpuscules basaux représentent les corpuscules centraux de toute cellule, qui se sont multipliés pour donner lieu à la double rangée corpusculaire basale des cils. Quant aux racines ciliaires, l'histogenèse n'a pu donner de renseignements exacts sur leur origine et par conséquent sur leur nature.

Pour élucider la signification morphologique des parties constitutives des fouets et des cils, on peut encore les comparer avec les organes fondamentaux de toute cellule.

Nous avons vu déjà que les cils et les fouets proprement dits peuvent être considérés comme des pseudopodes transformés.

Quant aux blépharoplastes des fouets et aux corpuscules basaux, si la valeur morphologique des premiers n'est pas discutable, celle des seconds demeure encore un objet de litige. Il n'est pas douteux que les blépharoplastes des fouets ne représentent des corpuscules centraux de la cellule, adaptés à une autre fonction cinétique que celle d'organes directeurs de la division cellulaire. Chez les Flagellates, on voit les flagelles se développer à partir des corpuscules centraux alors que ceux ci occupent encore les pôles de la figure de division, et ces corpuscules centraux devenir ainsi les corpuscules basaux ou blépharoplastes de la cellule. Il en est de même pour les *Centralgeisselzellen* (fig. 6); le diplosome qui supporte le fouet est manifestement le même que celui des cellules non flagellées et nues; or, ce dernier est considéré classiquement comme le représentant du centre cellulaire dans les cellules épithéliales. La genèse des fouets dans les zoospores et dans les spermatozoïdes végétaux nous fait assister aussi à la transformation des corpuscules centraux en blépharoplastes. Enfin et surtout l'étude de la spermiogénèse animale prouve surabondamment que les corpuscules centraux de la spermatide deviennent les blépharoplastes du flagelle caudal du spermatozoïde; et celle des phénomènes de fécondation montre que ces blépharoplastes de la queue spermatique redeviennent les corpuscules centraux de la figure de division dans la première cellule embryonnaire.

Pour les corpuscules basaux des cils, leur homologie avec les corpuscules centraux est plus discutable et a été très discutée. Cette homologie a été défendue par Henneguy et par Lenhossèk dans une théorie qui porte leurs noms et qui a eu depuis lors ses défenseurs et ses opposants. Les faits favorables ou défavorables à la théorie sont de divers ordres. Ce sont ceux du développement des corpuscules basaux des cils; il résulte de certaines observations (Benda, Moreaux) que les corpuscules se produisent par la division répétée, par l'essaimage des deux corpuscules du centrosome. Si les corpuscules basaux des cils proviennent de ceux des centrosomes et représentent ces derniers multipliés, les cellules vibratiles doivent être dépourvues de

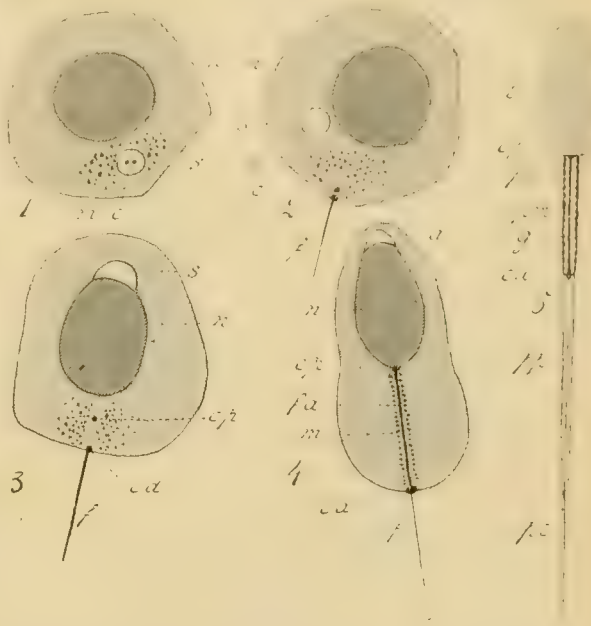


Fig. 7. — *Figures schématiques de la spermiogenèse.* — 1. *Spermatide, au début de l'evolution*; *n*, noyau; *s*, sphère; *c*, centrosome bicorpusculaire (diplosome); *m*, mitochondries ou chondriosomes.

2. *Spermatide, en voie de différenciation*; *n*, noyau; *s*, sphère qui émigre vers le pôle antérieur du noyau; *c*, centrosome ou diplosome, dont les deux corpuscules se sont orientés suivant une ligne radiée et sont ainsi devenus l'un proximal, l'autre distal; ce dernier a émis un flagelle *f*; *m*, mitochondries.

3. *Spermatide, à un stade plus avancé de la différenciation*; *n*, noyau déjà ovalaire; *s*, sphère coiffant le pôle antérieur du noyau et devenue l'acrosome; *cp*, *cd*, corpuscules proximal et distal s'éloignant l'un de l'autre; *m*, mitochondries.

4. *Spermatide à une phase plus avancée encore*; *n*, noyau allongé, ayant pris déjà la forme de la tête du spermatozoïde; *a*, acrosome; *cp*, *cd*, corpuscules proximal et distal; le premier a émigré au pôle postérieur du noyau; le second est demeuré en place; entre eux s'est développée une ligne sombre, le filament axile *fa* de la pièce moyenne; *m*, mitochondries appliquées le long du filament axile.

5. *Spermatozoïde*; *t*, tête, surmontée de l'acrosome *a*; *pm*, pièce moyenne de la queue contenant le filament axile *fa* tendu entre les deux corpuscules proximal et distal à présent très effacés et entouré d'une gaine continue *g* formée par les mitochondries fusionnées; *pp*, pièce principale renfermant le filament axile enveloppé d'une gaine mince protoplasmique; *pt*, pièce terminale réduite au filament axile nu.

centrosomes; c'est ce qui a été fréquemment constaté, tandis que certains auteurs, au contraire, ont trouvé simultanément dans des cellules vibratiles les corpuscules basaux des cils et le diplosome centrosomique. Comme corollaire de la présence ou de l'absence du centrosome dans les cellules vibratiles, ces cellules auront ou n'auront pas la faculté de se diviser; en fait, il y a des observations concluant à l'existence de figures de division dans les cellules vibratiles et il en est de contraires. Enfin les partisans de la valeur centrosomique des corpuscules basaux des cils, et le promoteur de cette théorie M. Henneguy, se sont appuyés sur la comparaison de ces corpuscules avec les formations similaires de cellules flagellées de toutes sortes, formations dont la nature centrosomique n'est pas douteuse. Les *Centralgeisselzellen* ne possèdent qu'un individu ciliaire ou flagellaire et sont par conséquent pourvues d'un unique diplosome, de nature indubitablement centrosomique ; mais ces cellules uniciliées sont reliées par toutes sortes d'intermédiaires aux cellules multiciliées ordinaires, à nombreux individus ciliaires, à nombreux diplosomes ou corpuscules basaux (Joseph). Les spermatocytes de certains animaux peuvent porter des flagelles insérés sur les corps basaux ou blépharoplastes; or, ces corps basaux proviennent des centrosomes et redeviendront des centrosomes lors de la division cellulaire (Henneguy, Meves). L'étude de la spermiogénèse animale et même végétale mène aussi à la conclusion que les blépharoplastes des cellules spermatiques ne sont que des centrosomes, et par conséquent les corps basaux des cellules ciliées, identiques à ces blépharoplastes, sont aussi de nature centrosomique.

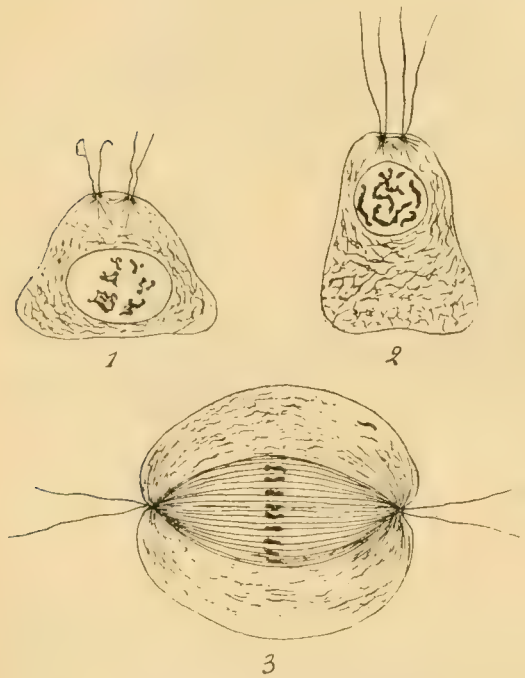


Fig. 8. — *Spermatocytes flagellés* de Bombyx mori (d'après Henneguy). — 1. Quatre flagelles disposés par paires et insérés sur autant de corpuscules basaux : 2. Quatre flagelles insérés par paires sur deux corpuscules basaux; 3. Les corpuscules basaux sont devenus, dans un spermatocyte en division, les corpuscules centraux de la figure de division et portent encore chacun la paire de flagelles des stades précédents.

On peut conclure que la théorie d'Henneguy-Lenhossèk, affirmant la valeur centrosomique des corpuscules basaux des cils, n'a pas été ébranlée par les objections qui lui ont été faites.

Quant aux racines ciliaires, leur valeur morphologique est très discutable; c'est trop peu faire que de les considérer comme des fibrilles différenciées de la charpente cytoplasmique; c'est trop s'avancer que de les regarder comme la terminaison de fibrilles nerveuses aboutissant à la cellule ciliée, ou encore comme représentant des chondriosomes modifiés.

III. — Appareils ciliés dérivés.

Les flagelles et les appareils ciliés peuvent subir des modifications plus ou moins importantes et donner ainsi naissance à des dérivés, dont on peut distinguer deux catégories principales. Tantôt la transformation est assez légère pour qu'il soit aisé de reconnaître la parenté de ces dérivés avec les appareils ciliés; se sont alors les dérivés directs. Tantôt, au contraire, les changements sont si profonds qu'il en résulte des formations en apparence sans affinité avec les organes ciliés et dont seule l'étude du développement peut permettre de déceler la provenance et la nature ciliaires; il s'agit alors de dérivés éloignés ou indirects.

§ 1. — Dérivés directs.

Dans la première catégorie, celle des dérivés directs, rentrent un grand nombre de formations.

Ce sont d'abord des complexes ciliaires, qui prennent naissance par la coalescence plus ou moins complète d'individus ciliés. C'est ainsi que se produisent les soies tactiles, les cirrhes, les membranes ondulantes et les membranelles des Infusoires ciliés. La fusion peut porter à la fois sur les trois parties de l'élément ciliaire, sur le cil, sur le corpuscule basal, sur la racine ciliaire. De la soudure des cils résulteront des poils épais tels que les cirrhes, ou des lames telles que les membranelles; la fusion des corpuscules basaux de cils disposés en série donnera lieu à des lignes basales ou cordons basaux continus; celle des racines

ciliaires produira des lames continues plongeant dans le cytoplasme.

Des complexes ciliaires analogues ne manquent pas chez les Métazoaires. Il existe dans les branchies des Mollusques Acéphales, dans celles des Ascidies, dans les tentacules des Bryozoaires ectoproctes, des membranelles très développées, formées comme celles des Infusoires ciliés par la coalescence d'individus ciliaires. Une étude détaillée de ces membranelles m'a révélé que, dans les cellules dont l'appareil cilié s'est transformé en membranelles, se passent de curieux phénomènes d'activité sécrétoire; ils se traduisent par l'apparition de boules de sécrétion, sans doute dues à de la substance nucléaire; ils sont certainement en rapport avec la très grande puissance du mouvement de ces membranelles.

Les Cténophores se meuvent dans l'eau grâce à des palettes natatoires rangées le long de huit côtes, qui courent d'un pôle à l'autre du corps ; ces palettes ou rames sont dues à la coalescence de cils élémentaires.

Plus souvent la fusion des éléments ciliés, au lieu de produire des appareils aplatis et membraniformes, donne lieu à des faisceaux cylindriques ou coniques, d'aspect variable et caractéristique de diverses espèces cellulaires. On peut citer ainsi les « cellules à pointe » (*Stiftchenzellen*) de l'épendyme, où la cellule est surmontée d'une sorte de pointe formée par la soudure de plusieurs cils. Tout proche d'elles se placent les « cellules à poil » (*Haarzellen*) de l'épithélium auditif des Vertébrés : elles portent une sorte de gros poil souvent recourbé, dû à des cils agglutinés, qui repose sur une plaque basale produite par la fusion des corpuscules basaux correspondant à ces cils, tandis que de cette plaque descend dans le cytoplasme un corps compact et colorable, de forme conique, qui représente sans doute les racines fusionnées de cet appareil ciliaire modifié. Les cellules du canal épididymaire des Mammifères sont pourvues à leur surface libre d'une sorte de pinceau de poils : « cellules à bouquet de poils » (*Haarbuschelzellen*), que certains auteurs assimilent à un faisceau de cils modifiés, tandis que d'autres se refusent à cette assimilation ; cet appareil ciliaire transformé a, en tout cas, perdu la motilité et paraît être adapté à l'excrétion du produit sécrété par ces cellules. Enfin il faut ajouter à cette liste les « cellules à flamme vibratile » des néphridies des Platodes et celles du segment post-glomérulaire du tube rénal des Vertébrés inférieurs, où de longs cils sont juxtaposés, sinon soudés en un faisceau vibratile ou non.

Vient maintenant une catégorie de dérivés ciliaires directs qui sont très répandus. Leur caractère commun et principal est que les cils, quelque bien individualisés qu'on les y trouve, sont toujours immobiles, et que les diverses parties constitutives de l'appareil, cils, corpuscules basaux et racines, y sont plus ou moins effacées. Ces dérivés peuvent être rangés en une série ininterrompue et dégradée, en prenant pour point de départ les appareils vibratiles ; la série commencerait aux *bordures en brosse* pour se continuer par les *plateaux striés* et se terminer par les *plateaux cuticulaires* et les *cuticules*.

Un grand nombre de cellules épithéliales sont revêtues sur leur surface libre d'une bordure ciliée dont les poils sont immobiles et d'ordinaire plus courts que ceux des bordures vibratiles; c'est ce qu'on a appelé « bordure de poils » (*Haarchensaum*), « bordure en brosse » (*Bürstensaum*, *Bürstenbesatz*). Les bordures en brosse ne manquent d'aucun des organites constituants qui composent un appareil vibratile : cils, corpuscules basaux et même racines ciliaires. Seulement ces divers organites y sont, en général, moins distincts que dans les appareils vibratiles. Les bordures en brosse sont extrêmement fréquentes, surtout sur les cellules à fonction sécrétoire, et l'on a tout lieu de supposer qu'elles y fonctionnent, détournées de leur rôle primitif de motilité, comme des organes de l'excrétion cellulaire.

Tandis que l'homologie des bordures en brosse avec les bordures vibratiles était indiscutable, celle des « plateaux à bâtonnets » ou « plateaux striés » devient déjà plus problématique et a été niée par quelques auteurs. Et cependant diverses raisons l'autorisent pleinement. Les plateaux striés, dont le type est celui qui revêt la surface libre de la cellule épithéliale intestinale, sont formés par une bande de substance claire, verticalement striée, qui ne présente, au premier abord, qu'une analogie assez lointaine d'aspect avec une bordure vibratile ou même avec une bordure en brosse. Mais l'étude minutieuse de ce plateau strié montre qu'aucune des parties constitutives de la bordure ciliée ne lui fait défaut. Les cils, habituellement noyés dans une substance interstitielle qui les rend indistincts, peuvent devenir apparents; suivant les espèces animales, selon les localités de l'épithélium intestinal, suivant les conditions physiologiques, la cellule épithéliale présente tantôt un plateau strié, tantôt une bordure parfaitement ciliée. Les corpuscules basaux, quoique plus irréguliers de forme et de taille et moins distincts que ceux des appareils ciliés, n'en existent pas moins. Les racines ciliaires elles-mêmes ne manquent pas. Aussi ai-je pu considérer le plateau strié, celui de la cellule de l'intestin, comme un appareil cilié vibratile dont les cils sont immobilisés par la substance interstitielle où ils sont plongés et, de ce fait, en quelque sorte atrophiés.

Nous avons pu rattacher aux appareils ciliés vibratiles les bordures en brosse et les plateaux striés. Nous éloignant toujours davantage de la forme originelle, nous rencontrons des formations, les plateaux cuticulaires et les cuticules, qu'un examen attentif permet de rapprocher encore des appareils ciliés (Nils Holmgren). Ces plateaux cuticulaires et cuticules, ceux, par exemple, du tégument externe et interne des Arthropodes, sont striés verticalement; les stries verticales sont l'expression de filaments; au-dessous du plateau cuticulaire et à la base de chaque filament se trouve un grain colorable. Il ne paraît pas douteux que ces filaments ne soient de véritables cils et que les grains ne représentent des corpuscules basaux. On a même vu que certains appendices ou phanères du tégument, les soies des Annélides Polychètes, par exemple, doivent leur origine à un faisceau de cils autour duquel se concrète la substance chitineuse et qui est, pour ainsi dire, le modèle premier de la soie définitive (Pruvot).

Enfin les cellules épidermiques des Vertébrés inférieurs (Poissons, Batraciens) sont revêtues par un plateau alvéolaire qui, à première vue, paraît assez comparable sinon identique au plateau strié et qui, par conséquent, serait lui aussi un dérivé ciliaire. Cependant cette assimilation n'est pas possible, à cause du niveau même où siège le plateau alvéolaire. Tandis qu'en effet le plateau strié, étant un appareil cilié modifié, s'élève au-dessus de la surface cellulaire, le plateau alvéolaire n'est que la portion la plus superficielle du corps protoplasmique, dans lequel il est en réalité compris et dont il est une zone différenciée.

§ 2. — Dérivés éloignés.

Les dérivés ciliaires que nous avons passés en revue jusqu'ici peuvent se rattacher directement aux appareils ciliés proprement dits, et il suffit, pour se convaincre de leur provenance, d'en faire un examen cytologique attentif. D'autres dérivés ciliaires beaucoup plus éloignés que les précédents ne laissent soupçonner leur origine que bien plus difficilement et, le plus souvent, par l'étude seule de leur développement. Le cil, organe primitif de la cellule, est en effet un organe très plastique, qui peut se modifier beaucoup, en réalisant des organes nouveaux très différents, qui sont au service de fonctions diverses. Les cils étant extrêmement fréquents dans les cellules, ou même sous la forme de bordure en brosse, il est vraisemblable qu'un grand nombre d'organes terminaux de la cellule, c'est-à-dire d'organes portés par elle à l'un de ses pôles, au pôle différencié, doivent leur origine à des cils.

Dans un premier groupe de ces dérivés ciliaires éloignés se rangent les *organites sensoriels*, qui surmontent les cellules sensorielles et fonctionnent comme récepteurs des diverses impressions. Tels sont les poils des cellules olfactives, les poils acoustiques, les cônes et les bâtonnets de la rétine. Ce qui permet en général d'affirmer la nature ciliaire de ces organites sensoriels, c'est la présence, à leur base, d'un diplosome homologue au diplosome basal du flagelle ou du cil et par conséquent aussi au centrosome. C'est ce que l'étude histogénique de la muqueuse olfactive a montré à O. van der Stricht. Il en est de même pour les cellules des organes de la ligne latérale des Poissons et des Amphibiens, ainsi que pour les cellules gustatives des Vertébrés.

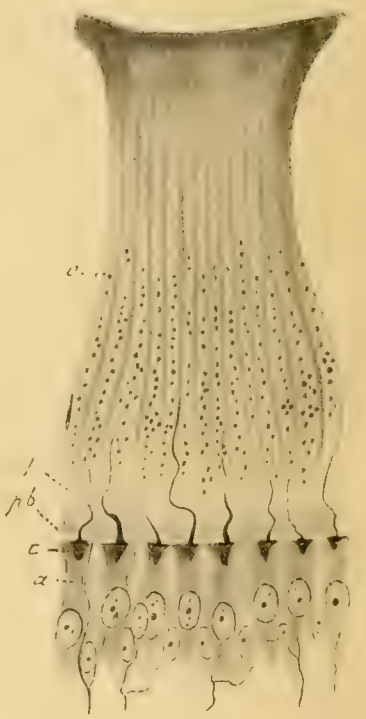


Fig. 9. — *Coupe de l'épithélium auditif d'une crête acoustique et de l'otosome (cupule terminale) chez la Grenouille rousse.* — *a*, cellules auditives; *pb*, plaque basale; *c*, corps conique; *p*, poils auditifs s'engageant dans l'otosome *o* (cupule terminale) qui en est sans doute le produit.

Quant aux cellules auditives, nous savons que le poil qui les surmonte est en réalité un complexe, un faisceau de cils élémentaires (fig. 9, *a*, *p*). Ce faisceau est implanté sur une plaque basale (*pb*), formée de corpuscules basaux alignés ou bien compacte et homogène. De cette plaque part un corps conique (*c*), très colorable, qui plonge par sa pointe dans le corps cellulaire, et dans lequel on a voulu voir un faisceau de racines ciliaires soudé. Cependant pour certains auteurs, par exemple R. Krause, Kolmer, N. van der Stricht, la cellule auditive n'est pas une véritable cellule ciliée, parce que les poils auditifs sont autre chose que les cils, parce que la plaque basale n'est qu'une formation cuticulaire, et parce qu'à côté de cette plaque et du poil auditif il existe un diplosome centrosomique portant un flagelle. Si les poils auditifs peuvent être considérés comme des cils, tout corps produit par ces poils aura, en dernière analyse, une provenance ciliaire. Or les otocystes et statocystes con-

tiennent des corps variés, durs ou même calcifiés, auxquels on peut donner le nom générique d' « otosomes » (*o*); ces otosomes sont calcaires (otoconies et otolithes) ou de nature cuticulaire (cupule terminale des canaux semi-circulaires) ou enfin membraneux (*membrana tectoria* du limaçon). Les poils auditifs s'attachent sur ces divers otosomes, ou même y pénètrent (fig. 9), et il semble bien que les otosomes soient le produit d'une transformation des poils auditifs, c'est-à-dire soient en somme de provenance ciliaire (Studnicka).

Les cellules visuelles sont, on le sait, porteurs, dans la plupart des groupes de la série animale, de prolongements particuliers, les bâtonnets. Dans les yeux de certains animaux (Gastéropodes, Myriapodes), on ne trouve, à la place de ces bâtonnets, qu'un pinceau de filaments ciliformes, ou qu'une bordure de poils, à la base desquels on peut trouver autant de granules colorables. Les bâtonnets visuels que portent habituellement les cellules sensorielles sont, comme Hesse surtout l'a montré, le résultat de la transformation de ces filaments ciliformes, de ces poils, et, peut-on dire, de véritables cils. Les recherches comparatives de Hesse sur l'œil des Arthropodes l'ont conduit aux conclusions générales suivantes. Il existe typiquement à la surface libre de la cellule visuelle une bordure de poils ou de pointes (*Stiftchensaum*), reposant sur une rangée de granules basaux; c'est le « rhabdomère » de Ray-Lankester. Plusieurs cellules visuelles, s'adossant l'une à l'autre par leurs rhabdomères, sécrètent entre elles, par l'intermédiaire de leur rhabdomère fonctionnant comme bordure en brosse, une tige cuticulaire, caractéristique de l'œil d'Arthropode, le « rhabdôme ». Dans un grand nombre d'animaux et particulièrement chez les Vertébrés, il existe un bâtonnet, de nature cuticulaire (fig. 10), que traverse une fibre axiale (*f*, *f*'), connue depuis longtemps pour les cellules visuelles des Vertébrés. Des études plus récentes (Kolmer, Held, Retzius, Leboucq) ont montré que sur le trajet de cette fibre existe un diplosome ou un corpuscule unique, d'origine centrosomique (*cc*). Les recherches histogéniques de Leboucq ont appris que les cellules visuelles embryonnaires possèdent toutes, à leur extrémité libre, un diplosome qui émigre à l'intérieur d'un petit bourgeon protoplasmique poussé par la cellule. Le corpuscule distal émet un filament grêle, véritable cil; il est la fibre axiale du futur bâtonnet et s'entourera d'une gaine cuticulaire d'origine mitochondriale; le bâtonnet sera alors constitué. Sa provenance ciliaire est rendue incontestable par les faits qu'on vient de lire.

Si imprévue que soit l'affirmation, je puis assurer, d'après mes observations personnelles, que la formation de l'émail s'accomplit avec le concours d'un appareil cilié qui surmonte l'adamantoblaste ou cellule génératrice de l'émail. Les images histologiques que j'ai obtenues sont trop variables pour que je puisse les décrire dans cet article et songer à autre chose qu'à exprimer schématiquement et sommairement le résultat de mes observations. Il se résume dans cette proposition : la cellule de l'émail est une cellule ciliée; c'est autour et sous l'influence de la bordure ciliée qui la surmonte que se produit la colonne cuticulaire qui constitue, sous le nom de prisme de l'émail, l'unité élémentaire de la substance adamantine.

Certaines observations légitiment l'idée que les

Fig. 10. — *Rétine de supplicié (cône et bâtonnets).* — *e*, articles externes du cône et des bâtonnets; *i*, articles internes des bâtonnets; *cl*, *my*, ellipsoïde et myoïde composant ensemble l'article interne du cône; *c.c*, corpuscule centrosomique situé à l'union de l'article interne et de l'article externe du bâtonnet; *f*, *f*', fibre axiale en deçà et au delà du centrosome, c'est-à-dire dans l'article interne et dans l'article externe du bâtonnet. — En A, coupe transversale de l'article externe des bâtonnets, avec la section de la fibrille axiale au centre de chacun d'eux.

organes cellulaires de défense ou d'attaque qui caractérisent certains groupes d'animaux, que les nématocystes ou capsules urticantes des Coelentérés par exemple, sont aussi des appareils ciliaires transformés.

Les fouets et les cils peuvent encore être susceptibles d'une adaptation bien différente des précédentes; car ils peuvent se transformer chez les Protozoaires, notamment chez les Infusoires Ciliés, en appareils de fixation de la cellule. D'après les études de Fauré-Frémiet, le pédoncule fixateur des Vorticellidés n'est qu'un appareil cilié transformé. Ce pédoncule provient d'une formation située à l'extrémité postérieure du corps, et désignée

par l'auteur du nom de *scopula*. Ce n'est autre qu'une bordure en brosse, composée d'un certain nombre de cils, reposant sur autant de corpuscules basaux, et prolongés au delà de ces corpuscules par autant de racines ciliaires. C'est par l'intermédiaire de cette bordure en brosse et autour de chacun de ses cils qu'est sécrétée la substance chitineuse du pédoncule.

En résumé, le cil est morphologiquement un organe protéiforme, capable de multiples métamorphoses; physiologiquement, il apparaît comme un organe bon à tout faire ou du moins à beaucoup faire et certainement plus qu'on ne le croit.

IV. — Caractère de la différenciation ciliaire.

Les faits précédents, en montrant que les flagelles et les appareils ciliés sont susceptibles de variations morphologiques étendues et d'adaptations physiologiques nouvelles, mettent en garde contre l'idée qu'il s'agit d'organes irrévocablement fixés dans leur forme et dans leur rôle. A cette première catégorie de faits s'en ajoutent d'autres, qui parlent dans le même sens et de façon plus décisive encore; ils apprennent que les cils ne sont pas des formations durables et permanentes et que les cellules ciliées ne sont pas définitivement différenciées. Les conditions variées, enfin, dans lesquelles se produisent les cils font pressentir qu'il y a dans leur production quelque chose de contingent et de dépendant des influences extérieures. La variation des cils, leur disparition possible de la cellule, la contingence de leur production menacent fortement la spécificité des cellules ciliées, qu'on ne peut pas à cet égard comparer aux cellules musculaires nerveuses et autres.

La différenciation des appareils ciliés est, en effet, secondaire et transitoire dans le développement ontogénique; les cellules ne se couvrent de cils que secondairement et, loin de persister indéfiniment, peuvent évoluer en d'autres formes cellulaires, qui reprendront plus tard le caractère de cellules vibratiles, et ainsi de suite. C'est ce dont l'étude du développement de l'épiderme chez les larves de Batraciens, celle du tractus intestinal chez ces mêmes animaux et chez les Vertébrés supérieurs, nous fournissent des exemples.

Chez l'adulte même, il existe une foule d'épithéliums qu'on peut qualifier de mixtes, parce qu'ils comprennent un mélange de cellules ciliées et de cellules glandulaires. La liste en serait très longue; qu'il suffise de citer l'épithélium intestinal des Annélides, l'épithélium des canaux de la tête de l'épididyme et celui de l'oviducte des Mammifères, l'épithélium pharyngien et œsophagien des Batraciens, l'épithélium des voies respiratoires des Mammifères, etc. Sur tous ces objets, par exemple sur les deux derniers que j'ai spécialement étudiés, on assiste à la chute des cils et à la disparition des corpuscules basaux dans les cellules vibratiles, dont le cytoplasme se remplit d'autre part de mucus. La cellule vibratile se transforme en une cellule glandulaire muqueuse, qui plus tard sans doute pourra recouvrer son appareil cilié et redevenir cellule vibratile. Un exemple un peu différent de celui des épithéliums mixtes est donné par l'épithélium des séreuses, où des cils se différencient temporairement pour disparaître ensuite; ainsi les cellules péritonéales des Amphibiens femelles se couvrent de cils lorsque l'abdomen se remplit d'œufs et sans doute sous l'action mécanique de ces œufs, tandis que chez les femelles à l'état de vacuité les cellules péritonéales ciliées sont très rares et qu'elles font totalement défaut chez les mâles. La différenciation de la cellule ciliée est donc transitoire.

Elle est de plus contingente, c'est-à-dire dépendante d'influences extérieures encore mal déterminées.

Le caractère contingent des appareils ciliés est très manifeste, du fait que des cils peuvent se développer sur des parties de cellules ou sur des cellules qui n'en portent habituellement pas. J'ai observé qu'une Myxosporidie, le *Myxidium Lieberkühnii*, qui habite la cavité vésicale du Brochet, présente, sur toute l'étendue de la surface par laquelle l'animal se fixe à l'épithélium vésical, une bordure en brosse qui manque sur les autres points de la surface ainsi qu'aux animaux libres. M. Chatton a décrit et m'a montré des préparations de kyste de Gilruth du mouton, où la paroi du kyste offre une bordure de poils, bien que cette paroi ne soit pas en contact avec l'air libre ou une cavité pleine de liquide, mais s'adosse aux tissus conjonctifs dans lesquels le kyste est plongé. Il est presque de règle de trouver, ainsi que l'ont fait beaucoup d'auteurs (Hammar, Dustin, par ex.), et moi-même, dans le thymus, les parathyroïdes et le corps postbranchial, des vésicules kystiques dont la paroi épithéliale est totalement ou partiellement ciliée. Les histologistes, répugnant ou même étrangers à l'idée que l'épithélium de ces vésicules puisse différencier des cils secondairement et par ses propres moyens, ont cherché, bien vainement, à expliquer la présence des cils en admettant que ces kystes provenaient de vésicules embryonnaires déjà ciliées. On sait, enfin, combien est fréquente la présence de kystes pathologiques à paroi épithéliale vibratile, dans des organes qui normalement chez l'adulte ne renferment pas d'éléments ciliés. Les pathologistes ont fait souvent de pénibles efforts et inventé de véritables romans embryologiques pour ratta-

cher ces kystes ciliés à des reliquats d'ébauches embryonnaires. Point n'est besoin de recourir à ces expédients, puisqu'il est bien certain que, sous des influences encore inconnues, des cils, vibratiles ou non, peuvent apparaître secondairement et d'une façon contingente dans des organes tant normaux que pathologiques.

V. — Conclusions générales.

De cette étude se dégagent un certain nombre de résultats très généraux.

C'est d'abord l'homologie établie entre un organe fondamental de la cellule, le cil, et des organes cellulaires variés, dont la valeur morphologique est voilée par une forme particulière due à l'adaptation à un rôle spécial. La plus grande partie et même, peut-on supposer, la totalité des organes superficiels de la cellule proviennent, en effet, de cils transformés. C'est la tâche la plus essentielle et la plus générale de la Cytologie de ramener à un type fondamental et commun les formes si diverses d'organes cellulaires propres à chaque variété de cellules. Il est intéressant à cet égard de constater l'identité des processus qui, à partir de l'organite primitif, le cil, conduisent à des formations aussi éloignées en apparence l'une de l'autre que le sont la queue d'un spermatozoïde et le bâtonnet rétinien.

Une autre notion importante ressort encore des faits qui viennent d'être exposés. C'est l'équivalence de la division cellulaire et de la différenciation ciliaire, comme d'ailleurs de toute différenciation. Dans l'une et dans l'autre, le centrosome joue un rôle prépondérant, fonctionnant soit comme centre cinétique interne, soit comme centre cinétique externe, comme pôle de la figure de division ou comme blépharoplaste et corps basal du cil, conformément à la théorie d'Henneguy-Lenhossèk.

Enfin l'étude des appareils ciliés fournit une contribution intéressante à la notion de la différenciation cellulaire. Dans la cellule ciliée, cette différenciation, quelque précise qu'elle soit, est toujours passagère, soit que l'appareil cilié se transforme comme dans l'ontogénèse, soit qu'il disparaisse comme à l'état adulte. Le cil est une production cellulaire transitoire et contingente que des conditions extérieures font apparaître et qui disparaît avec elles.

A. Prenant,
Professeur à la Faculté de Médecine
de l'Université de Paris.

REVUE DE PHYTOPATHOLOGIE

Il y a bien peu d'années [1] que la Phytopathologie a pris un rang parmi les branches de la Science agronomique, et pourtant on possède déjà un nombre considérable de travaux importants sur la biologie des ennemis des plantes et sur les moyens de les combattre. Nous ne pourrons donc, dans cette Revue, que nous limiter aux questions les plus à l'ordre du jour, tout au moins en Europe.

I. — Faits généraux.

Les faits généraux relatifs à la Phytopathologie se sont accumulés d'une façon extraordinaire ces derniers temps. Le plus saillant de tous est l'organisation rationnelle, dans la plupart des pays, de la lutte contre les ennemis des cultures, la création, à l'exemple des États-Unis, de Services phytopathologiques devant surveiller les produits horticoles importés et exportés. En outre, la France a vu tout dernièrement, « grâce à l'initiative d'un chef qui, en sa double qualité de savant et d'administrateur, consacre avec une inlassable énergie ses facultés organisatrices au progrès des sciences agronomiques » [1], la transformation du Service des Maladies des plantes, auquel, par analogie avec le Service des Epidémies et celui des Epizooties, M. E. Roux a donné le nom de « Service des Epiphyties ». A côté de ce Service, le 19 février 1912, a été créé le Comité consultatif des Epiphyties, qui est appelé à se prononcer sur toutes les questions se rattachant à la protection des cultures.

Enfin, en conformité des vœux émis par l'assemblée de l'Institut international de Rome en 1913, des vœux émis par le Congrès de Pathologie comparée de Paris en 1912, le Gouvernement de la République française, d'accord avec le Gouvernement italien, a provoqué, au mois de février 1914, la réunion à Rome d'une assemblée de techniciens et de diplomates [2]. Cette Conférence, où trente-deux États furent représentés, était chargée d'établir le projet d'une entente internationale pour la protection des végétaux. Ce sont les propositions des délégués français qui ont servi de base aux discus-

[1] Cf. A. Vuillet : La Phytopathologie; son évolution récente. *Rev. Scient.*, 6 décembre 1913.

[1] P. Marchal : « Introduction ». *Annales du Serv. des Epiphyties*, t. I, 1913.

[2] Cf. L. Mangin : La défense mondiale contre les ennemis des végétaux. *J. Agric. pratiq.*, n° 17, 18, 19, avril, mai 1914.

sions et qui finalement ont constitué, avec de légères modifications, le texte des principaux articles de la nouvelle Convention internationale (4 mars 1914). La Conférence, qui complète ainsi l'œuvre de la Convention antiphylloxérique de Berne du 3 novembre 1881, vise dans ses décisions seulement les plantes horticoles et les produits de pépinières, qui désormais ne seront admis à l'exportation que lorsqu'ils seront accompagnés d'un Certificat phytopathologique délivré par les agents officiels du pays exportateur. Chacun des États est libre de dresser la liste des ennemis et maladies qui devront figurer respectivement sur les certificats d'importation.

Dans les différents pays, se sont créés dernièrement des périodiques consacrés exclusivement à la Phytopathologie (par exemple, les *Annales du Service des Epiphyties*), et la France vient de voir se fonder chez elle la première « Société de Pathologie végétale », qui a pour but, en resserrant les relations existantes entre les praticiens, les entomologistes et les cryptogamistes, « de concourir au progrès des études concernant les maladies des plantes, les insectes et autres animaux nuisibles aux végétaux, ainsi que les moyens de préservation contre ces ennemis ». Cette assemblée a tenu sa séance d'ouverture le 1er mai 1914 sous la présidence de L. Mangin.

II. — L'ICERYA PURCHASI ET LE NOVIUS CARDINALIS.

Il est inutile de s'étendre ici sur ce sujet pourtant fort intéressant au point de vue de la lutte contre les insectes nuisibles. L'exemple de la lutte, dans les différents pays, de la petite coccinelle contre la terrible cochenille des orangers est classique en Entomologie appliquée et est d'ailleurs le plus remarquable à cet égard. Les différentes phases de leur odyssée ont été relatées [1] par le Dr P. Marchal en 1907, époque où l'*Icerya* était implanté aux États-Unis, au Cap, en Nouvelle Zélande, aux îles Hawaï, au Portugal, en Italie. Les deux insectes ont depuis encore fait du chemin à travers notre planète, importés tous les deux par l'homme, l'un involontairement, l'autre volontairement (Syrie, Egypte, Archipel grec, Dalmatie, Sicile). En 1912, l'*Icerya* émotionnait les propriétaires du Cap Ferrat sur la Côte d'Azur. C'est alors qu'après l'introduction du *Novius cardinalis* et sa victoire, la plupart des publications françaises ont porté à la connaissance du public, d'une façon plus ou moins pittoresque et exacte, l'histoire des deux nouveaux hôtes de notre littoral.

Le Dr P. Marchal, qui dirigea la lutte contre l'*Icerya*, en donna d'autre part un compte rendu détaillé [1], en ayant soin de le compléter par des notes descriptives et biologiques des deux insectes. MM. Poirault et Vuillet, qui, successivement, ont été chargés de surveiller les élevages de *Novius* et de disséminer ces derniers sur les arbres envahis par la cochenille, ont relaté les diverses phases de leurs opérations et leur manière de procéder [2]. L'élevage dans des cages spéciales fut remarquablement bien conduit par les expérimentateurs; les sept individus de *Novius* (3 nymphes, 1 larve, 3 adultes) constituant le premier envoi se reproduisirent de telle façon que, trois semaines environ après leur arrivée, on pouvait compter, dans leur cage, 600 individus à tous les stades (non compris les œufs). Pour faire les colonisations, on suspendait aux arbres envahis par l'*Icerya* des boîtes en carton sans couvercle, ou des tubes en toile métallique, dans lesquels on mettait un certain nombre de *Novius* adultes ou à l'état de larve. A l'heure actuelle, depuis plusieurs mois, on peut dire que l'*Icerya purchasi* est pratiquement disparu du Cap Ferrat.

Par contre, on vient de signaler, ces derniers temps, l'apparition de la cochenille dans l'île de Malte [3], où l'on prend les mesures nécessaires pour enrayer sa multiplication à l'aide de la précieuse coccinelle.

Il est regrettable que le *Novius cardinalis* paraisse dédaigner à peu près complètement les autres fléaux de nos cultures, même ceux qui sont les plus proches parents de l'*Icerya*, et qu'il ne puisse être employé efficacement contre eux; toutefois, les victoires qu'il remporte encouragent les recherches des expérimentateurs dans la voie de la « lutte naturelle ». Il semble bien, en effet, que « la vie seule peut contenir en puissance une force suffisante pour maîtriser la vie, lorsque celle-ci prend la forme d'une espèce nuisible se multipliant avec une activité débordante » (P. Marchal).

III. — LE DIASPIS PENTAGONA.

Ce redoutable ennemi des mûriers et des arbres fruitiers a été l'objet de nombreux travaux français et surtout italiens. Les Rapports de MM. Bouvier

[1] P. MARCHAL : Utilisation des Insectes auxiliaires entomophages dans la lutte contre les insectes nuisibles à l'agriculture. *Ann. de l'Inst. nat. Agron.*, 2e série, fasc. 2 (1907).

[1] P. MARCHAL : L'*Icerya purchasi* en France et l'acclimatation..... *Ann. du Serv. des Epiphyties*, t. I (1913). — P. MARCHAL : L'acclimatation du *Novius cardinalis* en France. *C. R. Ac. Sc.*, séance du 13 octobre 1913.

[2] G. POIRAULT et A. VUILLET : L'acclimatation du *Novius cardinalis*. *Ann. du serv. Epiph.*, t. I (1913). — A. VUILLET : La lutte contre les ennemis des plantes. *La vie agric. et rurale*, n° 14 (mars 1914).

[3] *Icerya purchasi* and *N. cardinalis* in Malta. *Colonial Reports*, n° 786, Malta, 1912-1913. Londres, janvier 1914.

et Gastine, en particulier, ont montré tout le danger qu'il y aurait pour nos cultures méridionales à laisser introduire en France ce fléau qui est tout près de la frontière; et cela malgré tous les espoirs que l'on peut fonder sur la lutte naturelle, à l'aide, par exemple, de la *Prospaltella berlesei*. C'est pourquoi, par un décret du 10 janvier 1912, le Président de la République avait décidé l'interdiction d'entrée dans notre pays de tous les végétaux à l'état ligneux autres que la vigne et les résineux, de provenance italienne. Ce décret, portant atteinte au commerce franco-italien, fut d'abord remplacé par un autre en date du 19 avril 1912, puis par un troisième, promulgué le 1er février 1913, qui autorisait l'entrée de la plupart des végétaux du 1er novembre au 1er mars, à condition qu'ils aient été reconnus, à la frontière, non infectés par le *D. pentagona*. Ces dispositions ne donnèrent pas complète satisfaction aux horticulteurs français et italiens; le Comité consultatif des Epiphyties se reposa alors, pour arriver à une solution définitive, sur une Commission technique, composée d'experts désignés à la fois par la France et l'Italie, qui s'est réunie en juin 1913, sous la présidence du Professeur E.-L. Bouvier. Un nouveau décret, promulgué le 12 octobre 1913, fut basé sur les conclusions de cette Commission. Il élargit considérablement les termes du décret précédent; en particulier, il autorise, du 15 novembre au 15 avril, l'importation et le transit des végétaux ligneux, excepté de ceux qui sont en général les plus atteints par le *Diaspis* (mûriers, abricotiers, amandiers, cerisiers, fusains d'Europe, etc.). Il faut espérer que, par ses mesures de protection, la France n'aura pas encore à se préoccuper de la destruction de cette cochenille, dont la présence, malgré toutes les recherches sur la Côte d'Azur, n'a pu heureusement être encore reconnue.

IV. — La Cochylis et l'Eudémis.

La Mission, instituée le 10 février 1911 par le Ministère de l'Agriculture, pour l'étude de la Cochylis (*Conchylis* ou *Clysia ambiguella* Hb.) et de l'Eudémis (*Polychrosis botrana* Schiff.), vient d'apporter un gros appoint à la connaissance de la biologie des deux Microlépidoptères et des moyens de lutte à employer contre eux. Les recherches faites en 1911 ont été jusqu'à maintenant les plus importantes[1]. Les conditions climatiques (sécheresse et chaleur) de l'année suivante n'ont pas été favorables au développement de la Cochylis; par contre, l'Eudémis a étendu son aire de répartition[1]. Très nombreuses sont les observations intéressantes au point de vue de la lutte à engager contre ces insectes.

Il est bien démontré qu'à la différence d'un bon nombre de Bombycides et de Microlépidoptères, les deux papillons de la vigne ne se maintiennent en vie assez longtemps (dix jours à trois semaines, suivant les générations) pour effectuer leur ponte qu'à condition de recevoir une nourriture liquide (substances sucrées, eau pure). D'autre part, le polyphagisme remarquable de la Cochylis et de l'Eudémis permet d'expliquer en partie l'extension de ces deux ravageurs de proche en proche aux vignobles isolés et son maintien malgré les traitements. Les hôtes des deux tortricides peuvent être de natures fort diverses (*Daphne gnidium*, *Zizyphus vulgaris*, *Ribes*, *etc.*), mais ont, en général, des inflorescences présentant pour la chenille des conditions analogues à celles des inflorescences de la vigne. Il est à remarquer, en outre, que les cépages qui ont des inflorescences compactes et des grappes serrées sont, en général, de même que les cépages à floraison lente, plus ravagés que les autres par la Cochylis et l'Eudémis. Les hybrides paraissent jouir, par contre, d'une immunité beaucoup plus grande vis-à-vis des deux insectes que les cépages français.

Les recherches des expérimentateurs ont porté tout particulièrement sur les relations qui interviennent entre l'insecte nuisible, ses ennemis et le milieu animé ou inerte dans lequel les uns ou les autres évoluent. Parmi les êtres vivants qui, par leur cycle biologique, peuvent avoir un retentissement sur l'évolution des Microlépidoptères de la vigne, l'*Oophthora semblidis* Aurivillius est à signaler. Ce Braconide n'avait pas encore été indiqué comme vivant aux dépens de la Cochylis et de l'Eudémis : il détruit l'œuf en se développant à son intérieur. Les travaux de la Mission d'études donnent en détail le rôle de cet auxiliaire, ainsi que celui de différents insectes parasites ou prédateurs vivant aux dépens des deux ravageurs, et indiquent dans quelle mesure ils peuvent être protégés ou utilisés.

Les parasites végétaux du groupe des Isariées (en particulier le *Spicaria verticilloides*) déter-

[1] P. Marchal : Rapport sur les travaux accomplis par la Mission d'étude de la Cochylis et de l'Eudémis en 1911. In-8°, 326 pages, 1912.

[1] P. Marchal : La Cochylis et l'Eudémis en 1912. *Ann. Serv. Epiph.*, t. I (1913); J. Feytaud : Recherches sur la Cochylis et l'Eudémis dans le Bordelais en 1912. *Ibid.*; Vezin et Gaumont : La Cochylis et l'Eudémis dans la vallée de la Loire. *Ibid.*; A. Paillot : Observations sur la Cochylis et l'Eudémis (en Bourgogne) en 1912. *Ibid.*; F. Picard : Rapport sur la Cochylis et l'Eudémis dans le midi de la France. *Ibid.*; J. Chatanay : Les essais de piégeage lumineux en Champagne en 1911-1912. *Ibid.*; G. Frox : Recherches sur les parasites végétaux de la Cochylis et de l'Eudémis. *Ibid.*

minent parmi les chrysalides une mortalité qui peut aller jusqu'à 80 %, surtout lorsque leur développement est favorisé par une fin d'automne et un commencement d'hiver relativement chauds et humides, comme en 1911-1912. Malheureusement, les essais de contamination sur le terrain n'ont pas été suivis de succès.

Les traitements chimiques par pulvérisations liquides pendant la période de végétation, principalement au printemps, restent, d'une façon générale, la base de la lutte contre la Cochylis et l'Eudémis. Ceux qui se sont montrés les plus efficaces sont les traitements à la nicotine et particulièrement à la bouillie bordelaise nicotinée. Cet extrait a à la fois une action insectifuge sur le papillon, une action abortive sur les œufs (Feytaud), et une action insecticide interne et externe sur la chenille. La question du moment favorable pour l'application des traitements présente un intérêt capital : les recherches de ces dernières années ont montré que la periode de plus grande efficacité ne correspond pas toujours à la plus grande abondance des papillons, comme on l'avait pensé jusqu'ici, mais que l'état de la végétation est un élément dont il y a lieu de tenir compte à un haut degré.

Les traitements arsenicaux (arséniate de plomb), bien appliqués, peuvent avoir une efficacité égale à celle des traitements nicotinés, mais leur action se limitant à une intoxication par les voies digestives, la période favorable pour l'application des traitements préventifs est plus limitée et plus difficilement saisissable que pour la nicotine.

Le pyrèthre doit être aussi retenu, comme curatif, en poudrage insectifuge en été.

La destruction des papillons qui a été pratiquée en 1911 et 1912, soit par la méthode des pièges lumineux (Champagne), soit par celle des pièges alimentaires (eau mélassée additionnée de lie de vin : Bordelais, environs de Paris), peut s'ajouter d'une façon fort utile à l'action des traitements insecticides de printemps sur les chenilles; mais leur emploi, pour donner des résultats satisfaisants, doit être fait sur une très grande échelle.

Les abris-pièges à l'automne ont donné des résultats encourageants en Bourgogne. Ce procédé a permis à M. Paillot de capturer un grand nombre de chrysalides, et la conservation des abris jusqu'au printemps permet l'éclosion et la mise en liberté des Hyménoptères parasites, qui pour la plupart abandonnent les cocons avant les papillons.

Les traitements d'hiver (écorçage) sont ceux qui pratiquement paraissent avoir la plus grande efficacité dans le vignoble méridional, s'ils sont pratiqués sur de grandes surfaces.

« D'une façon générale, de grandes espérances peuvent être fondées sur l'organisation de « la lutte naturelle » contre la Cochylis et l'Eudémis, soit en favorisant la multiplication des parasites, soit en créant artificiellement des foyers épidémiques; aussi, sans négliger la recherche de nouvelles formules insecticides, ou le perfectionnement des méthodes actuellement existantes, est-ce surtout dans cette direction qu'il nous semble désirable d'orienter l'activité des expérimentateurs, » (P. Marchal).

V. — La lutte en Amérique contre Liparis dispar et L. chrysorrhæa.

Nous sommes entrés depuis peu dans la période des résultats de la gigantesque lutte entreprise, sous la direction de L.-O. Howard, aux Etats-Unis, contre les deux Bombyx, *Liparis* (*Ocneria*, *Porthesia*) *dispar* et *L.* (*Porthesia*, *Euproctis*) *chrysorrhæa*, à l'aide de leurs ennemis naturels en Europe et au Japon[1]. Un grand nombre de travaux américains ont tenu le monde au courant des différentes phases de la lutte à laquelle avaient été appelés à prêter leur concours un grand nombre de nos compatriotes. A. Vuillet, qui avait été chargé, étant à Rennes, de recevoir les matériaux parasités venant de toutes les régions de l'Europe et d'en assurer une réexpédition dans de bonnes conditions pour Boston, a exposé dans une série de notes les résultats obtenus par les Américains jusqu'en 1912[2]. Afin d'avoir le plus de chances pour la réussite de l'entreprise, on importa simultanément une douzaine d'espèces parasites de chacun des continents européen et asiatique. L'essentiel, en effet, pour espérer réaliser en Amérique un état d'équilibre analogue à celui qui existe en Europe ou au Japon, est d'introduire une série d'ennemis des deux Bombyx, de façon à obtenir une « séquence », une succession d'attaque, pendant toute la durée du développement.

Les parasites qui ont le plus attiré l'attention en 1912 sont peu nombreux, mais paraissent être d'une grande importance[3] : les deux parasites des œufs des Bombyx, *Anastatus bifasciatus* et *Sche-*

[1] P. Marchal : Utilisation des Insectes auxiliaires entomophages. *Ann. Inst. Nat. Agron.*, t. VI, fasc. 2, 1907.

[2] A. Vuillet : La Station entomologique de la Faculté des Sciences de Rennes et l'exportation des parasites... *C. R. Cong. Soc. sav.*, 1909; Comment se comportent en Amérique les parasites européens... *Bull. Soc. sc. et méd. de l'Ouest*, t. XIX, 1910; Les parasites de *L. dispar* et *L. chrysorrhæa* en Amérique. *Bull. Soc. sc. et méd. de l'Ouest*, 3e trim., 1911; Les parasites de *L. dispar*; leur importation aux Etats-Unis. *Bull. Soc. Vulg. Zool. agric. Bordeaux*, 1911; Les parasites de *L. dispar* et *L. chrysorrhæa* en Amérique. *Bull. Soc. sc. et méd. de l'Ouest*, 2e trim. 1912.

[3] I. Pouillaude : Les parasites de *Porthesia dispar* et de *Euproctis chrysorrhæa* aux Etats-Unis en 1912. *Bull. Soc. sc. et méd. de l'Ouest*, t. XXII, n° 3, 1913.

dius Kuwanæ, semblent s'acclimater normalement dans leur nouvelle patrie : jusqu'à 47 °/₀ des pontes ont été trouvées parasitées là où l'*Anastatus* a été introduit. Le tachinide *Compsilura concinnata*, parasite des deux lépidoptères, libéré à partir de 1906 et qui avait été considéré comme un parasite secondaire, a été très abondant en 1912 : sur 12.000 chenilles récoltées en divers endroits, 25 °/₀ étaient parasitées. Enfin, l'*Apanteles lacteicolor* s'est développé depuis 1912 d'une manière inattendue sur une étendue considérable.

Les parasites déjà acclimatés du *L. chrysorrhæa* étendent leur action dans une direction N. et N-E., qui est précisément la direction primitive de l'invasion du Bombyx.

Le Calosome s'est considérablement développé, au point d'attirer l'attention de personnes non prévenues et de se répandre sur les trottoirs de la banlieue de Boston.

« Comme conclusion, le résultat pratique le plus tangible de cette multiplication et de cette extension de tous les parasites acclimatés est que, sur un immense territoire dont le centre est un peu au nord de Boston, 50 °/₀ des œufs, chenilles ou chrysalides du *Gipsy moth* ont été détruits ».

Des recherches sont continuées dans les laboratoires pour déterminer le meilleur mode de contamination de la flacherie. D'autre part, la maladie due à l'*Entomophtora aulicæ*[1], qui se propage de chenille à chenille pour le *L. chrysorrhæa*, semble donner des résultats très satisfaisants.

VI. — La teigne de la pomme de terre.

Le développement qu'a pris, ces dernières années, la teigne de la pomme de terre, *Phthorimæa operculella* (Zeller), sur le littoral du département du Var, producteur de primeurs, fit craindre un envahissement des régions françaises où diverses Solanées sont cultivées. F. Picard s'occupa spécialement de la question et publia un important et fort intéressant mémoire sur les mœurs de la teigne et sur les mesures à prendre contre elle[2]. Le papillon, comme la plupart des Microlépidoptères, s'alimente avec des liquides (eau pure ou sucrée). Il est doué d'un géotropisme négatif, d'une photopathie et d'un phototropisme positifs. Cette dernière observation a permis de constater qu'en présence des pièges lumineux, les deux sexes ne se comportent pas d'une façon identique, même à une très faible distance de la lampe ; 30 °/₀ seulement des papillons capturés étaient des femelles (le nombre des insectes mis en expérience étant sensiblement le même pour les deux sexes) ; donc, si les prises aux lampes donnent toujours un pourcentage considérable de mâles chez la Cochylis et d'autres insectes, ce fait ne résulte pas uniquement d'une activité plus grande de l'un des sexes, mais d'une sensibilité à la lumière moindre chez la femelle.

Les accouplements multiples sont assez fréquents chez les *Phthorimæa* et existent très probablement chez d'autres Tinéides (Cochylis). La chenille sort de l'œuf *toujours* par le côté libre, tandis que, par exemple, pour la Cochylis, l'éclosion peut se faire exceptionnellement par la face profonde, adhérente au substratum. Le nombre de chenilles dans un tubercule peut être très grand, mais une seule larve suffit pour gâter un tubercule. Celles qui vivent aux dépens des organes aériens entament aussi bien les nervures que les parties molles et sont ainsi d'une nocuité plus grande que les mineuses respectant les nervures (*Lithocolletis platana*). La nymphose se fait en général hors du tubercule dans toutes les anfractuosités possibles (toiles des sacs, murs des magasins, etc.).

La durée de l'évolution est étroitement liée à la température (six générations dans le Midi et douze dans l'Inde). Picard constata d'autre part l'existence de la parthénogénèse chez le *Phthorimæa*, mode de reproduction non encore signalé dans le groupe des Microlépidoptères ; il conclut toutefois que « l'acte de l'accouplement a pour effet, chez le *P. operculella*, non seulement de féconder les œufs, mais encore de faciliter la ponte et d'augmenter le nombre d'œufs émis par la femelle ».

La teigne a pu être élevée sur différentes Solanées, ce qui intéresse grandement la pratique, soit directement, soit indirectement. Au sujet du déterminisme de la ponte et de l'instinct alimentaire, Picard pense que, non seulement il n'y a pas d'harmonie entre les manifestations psychiques de l'adulte et celles de la larve, mais encore que leurs instincts se sont développés sous l'influence de facteurs indépendants et n'ayant ni les uns ni les autres rien à voir avec une utilité quelconque pour l'animal. D'autre part, à la différence de certains autres insectes (Bembex, Ammophiles, etc.), l'adaptation de la larve de *Phthorimæa* est plus rigoureuse que celle de l'insecte parfait.

On ne peut utiliser les tubercules attaqués pour la nourriture des animaux, qui les refusent à cause de la présence d'organismes transformant la substance du tubercule, et le font pourrir, lui communiquant une odeur infecte. Ces commensaux de la teigne sont des champignons, des bactéries, des acariens (*Rhizoglyphus echinopus*), dont les hypopes sont fixées en des points déterminés du corps de la chenille et dont l'action nocive est souvent plus

[1] A. Vuillet : *Entomophtora aulicæ* contre *L. chrysorrhæa*. *Bull. Soc. sc. et méd. de l'Ouest*, 4e trim., 1912.

[2] F. Picard : La Teigne des pommes de terre. *Ann. des Epiph.*, t. I, p. 106-176, 1913.

grande que celle de la teigne, un staphylin (*Atheta coriaria*) qui se nourrit du précédent et est ainsi relativement un auxiliaire pour nous, divers diptères, etc.

La teigne est un insecte presque cosmopolite et sa multiplication dans le Var, ces dernières années, aurait été favorisée par de mauvaises conditions culturales, particulières à la région envahie. Elle serait susceptible de vivre dans des contrées plus tempérées que le midi de la France (Bretagne), mais elle aurait toute chance de s'y montrer peu ou pas nuisible. Néanmoins, il y a lieu de surveiller les expéditions de primeurs venant de la zone infestées.

Un acarien très venimeux, *Pediculoïdes ventricosus*, est un auxiliaire très précieux dans la lutte contre la teigne; de nombreux champignons donnèrent dans les essais de contamination d'excellents résultats, de même que la pébrine et la maladie à polyèdre. Enfin Picard expose les divers moyens de lutte préconisés, mais à la base de ceux-ci doit être l'emmagasinement des tubercules sous une couche de sable opposant une barrière infranchissable à la femelle pondeuse.

VII. — Emploi des arsenicaux en agriculture.

D'une enquête entreprise par la Station entomologique de Paris auprès de ses correspondants français et étrangers, il résulte que « l'interdiction complète de l'arséniate de plomb priverait l'agriculture d'un insecticide efficace qui, dans bien des cas, ne pourrait pas, actuellement du moins, être remplacé par une substance équivalente et présentant les mêmes avantages économiques[1] ». On a pu dire à diverses reprises, par exemple, que « l'arséniate de plomb est un inefficace parasiticide contre le fléau le plus répandu, le plus redoutable de la vigne, la Cochylis et l'Eudémis[2] ». Or, il paraît bien démontré que cette inefficacité apparente provient uniquement de ce fait que l'application a été mal faite ou faite à un moment inopportun[3].

D'autre part, les exemples de l'efficacité des arséniates sont légion, non seulement en France (Aude, Hérault, Pyrénées-Orientales), mais aussi à l'étranger. Pour Quaintance, « les arsenicaux sont réellement indispensables pour obtenir de bonnes récoltes, dans les conditions existant en Amérique... L'arséniate de plomb est jugé supérieur à toutes les autres préparations d'arsenicaux, spécialement en ce qui concerne les arbres fruitiers (pommiers, pêchers, poiriers, vigne), et cette préparation a l'avantage de bien adhérer et de ne pas brûler le feuillage »[1].

Il est indiscutable que les arsenicaux sont des poisons; mais, lorsqu'ils sont appliqués avec les précautions indispensables (vêtements spéciaux, lavage des mains après les traitements, etc.), les ouvriers qui les utilisent ne courent aucun danger. Comme confirmation, d'après une enquête officielle, il n'existe pas un seul cas d'intoxication, même lent, dans les départements qui font la plus grande consommation d'arséniate de plomb. Bien plus, en Amérique, où les arsenicaux sont employés dans tous les vergers et les vignobles, on ne cite aucun cas d'empoisonnement de personne, et « les recherches faites jusqu'ici permettent de conclure qu'il n'y a aucun danger à consommer les fruits qui ont été convenablement traités avec les arsenicaux[2] ». Les expériences de Brioux et Griffon[3], entre autres, confirment cette assertion de Quaintance à l'égard de l'arséniate de plomb : on avait traité avec succès de nombreux arbres fruitiers avec cet insecticide pour lutter contre le *Bombyx neustria*, le *Liparis chrysorrhœa*, etc. En septembre, au moment de la cueillette, le plomb n'était plus décelable, et les doses d'arsenic était très faibles (quelques 1/100 de milligramme au plus par kilogramme de fruits). De plus, dans la consommation des fruits traités, il n'y eut aucun cas d'intoxication.

D'autre part, Fabre[4], dans une série intéressante d'expériences sur la toxicité des arsenicaux, a voulu, en particulier, se rendre compte des dangers que pourraient présenter, au point de vue de la santé publique, les pulvérisations à l'arséniate de plomb sur les végétaux destinés à l'alimentation. En couvrant des asperges d'une pulvérisation arsenicale de façon à les mouiller complètement, ce chimiste a trouvé, après une cuisson dans les conditions ordinaires, 1 milligramme d'arsenic dans la partie comestible d'une botte de 35 asperges, pesant ensemble 700 grammes.

Aussi, l'Académie de Médecine, après la lecture du Rapport fort documenté de M. Lucet, a voté, dans sa séance du 3 mars 1914, que les arsenicaux

[1] P. Marchal : Opportunité de l'emploi des arsenicaux, et en particulier de l'arséniate de plomb, en Agriculture. *Annales des Epiphyties* (1913).

[2] Dr P. Cazeneuve : Le danger de l'intoxication arsenicale et saturnine en agriculture. *Rev. de Vitic.*, n° 1047 et 1048, janvier 1914.

[3] A. Turbel : Les traitements arsenicaux en agriculture. *Rev. de Vitic.*, n° 1051, février 1914.

[1] Quaintance : Emploi des arsenicaux en agriculture aux Etats-Unis (Extrait d'une lettre annexée au chapitre sur les arsenicaux). *Annales des Epiphyties*, 1913.

[2] Quaintance : *Loc. cit.*

[3] Brioux et Griffon : Les traitements arsenicaux en arboriculture fruitière. *Bull. des Seances Soc. nat. d'Agric.*, décembre 1910.

[4] H. Fabre : Essais sur la toxicités de quelques composés arsenicaux utilisés en agriculture. *Annales des Epiphyties* (1913).

pourrraient être autorisés dans les emplois agricoles. Elle laisse le soin au Ministère de l'Agriculture d'en réglementer la vente et l'emploi[1]. Il y a lieu d'espérer qu'il n'y aura plus d'obstacles dorénavant pour empêcher la Direction des Services scientifiques de ce Ministère d'en préconiser l'emploi, dans les cas où il paraît indispensable.

VIII. — Les Glandines.

Peu de questions ont plus intéressé les horticulteurs et les maraîchers, ces derniers temps, que les essais d'acclimatation en France de la *Glandina olivacea* (*Gl. guttata*). Ce mollusque se nourrit exclusivement d'escargots et de limaces, et, par suite, son installation en Europe serait un grand bienfait pour nos cultures. Il est originaire de la région à Crotales du Mexique, c'est-à-dire d'une région à climat extrêmement chaud et sec, nettement différent de celui qui règne aux environs de Paris. Toutefois, la question de l'acclimatation en France n'est pas nouvelle, et a été plus ou moins étudiée par MM. Orozco, Gineste, Berthier, Bruyère, Renaudet, Lavergne[2], etc.; pourtant, c'est en 1912 qu'elle a paru nettement se poser. Le Professeur E.-L. Bouvier, ayant reçu un assez grand nombre de Glandines adressées de Puebla par A. Gineste et par l'abbé Hébert, les répartit en plusieurs lots qui furent distribués en différents points des environs de Paris et du midi de la France.

Les différents observateurs (Bouvier[3], P. Marchal, A. Vayssière, Ph. de Vilmorin[4], etc.) ont nettement constaté que la *Gl. guttata* dédaigne totalement, même après un long jeûne, les produits végétaux et même la viande, les vers, les insectes qu'on a pu lui offrir. Ph. de Vilmorin, qui avait mis les glandines en liberté dans ses cultures de Verrières, a pu observer, en outre, l'accouplement et la ponte de ces mollusques. De plus, en octobre 1913, il constata qu'une vingtaine d'œufs avaient éclos dans son jardin; un seul jeune survécut quelques jours et s'est nourri. Donc les œufs pondus à l'automne ont pu passer l'hiver pour éclore au printemps sous le climat de Paris. Faute de matériaux d'étude, les essais n'ont pu être poursuivis depuis cette époque, mais il est très vraisemblable que l'acclimatation des Glandines, si elle ne peut être espérée dans le Nord ou le centre de la France, a toutes chances de réussir dans la région méditerranéenne (Midi de la France et Afrique du Nord).

IX. — Les Campagnols.

Les froids très rigoureux de l'hiver 1913-1914 ont dû détruire un assez grand nombre de Campagnols (*Arvicola arvalis*), et ce n'était que trop nécessaire. A la fin de 1913, d'après les divers rapports officiels, la situation était très alarmante pour un grand nombre de départements : on évalue à 24 le nombre de ceux qui ont été très éprouvés par les déprédations de ces rongeurs, et la surface de territoire envahi est estimée à 500.000 hectares. Pour ces raisons, la Chambre des Députés, en décembre 1913, a voté un crédit de 750.000 francs destiné à donner des subventions aux communes, syndicats et associations agricoles qui combattraient les campagnols. Il faudrait toutefois, pour lutter efficacement, mettre la question sérieusement à l'étude et faire procéder, ainsi que l'a demandé la Commission du Budget, par la voix de son Rapporteur, à une étude d'ensemble sur les procédés de destruction ainsi que sur la marche de l'invasion depuis ses premières manifestations, marche tantôt ralentie par les épidémies naturelles, ou les conditions atmosphériques, tantôt précipitée sans cause apparente. M. Grosjean et le Comité des Epiphyties, d'autre part, ont insisté sur la grande importance qu'il y aurait, pour organiser la lutte d'une façon plus rationnelle, à dresser tous les ans une carte des foyers d'invasion et à rassembler ainsi des données précises sur les modifications que peuvent présenter la répartition et le développement de ces foyers.

Aucune culture n'est à l'abri de ces rongeurs : sur les 500.000 hectares évalués en 1913, 200.000 étaient destinés à être ensemencés en blé et 100.000 étaient en prairies artificielles. Les invasions se produisent en général d'une façon progressive autour d'un foyer initial, faisant « tache d'huile », jusqu'au jour où les campagnols émigrent en masse vers des points plus éloignés. Néanmoins, il résulte des indications qui ont été recueillies ces dernières années par la Station entomologique que certaines régions sont beaucoup plus sujettes que d'autres à être ravagées par les Campagnols; les départements qui paraissent avoir été les plus atteints sont le Nord, l'Aisne, la Meuse, la Meurthe-et-Moselle, le Haut-Rhin, la Haute-Marne, la Marne, l'Oise, la Charente, les Deux-Sèvres, la Vendée.

La valeur des procédés de destruction est encore à l'étude; c'est pourquoi, dans la loi de décembre 1913, le Gouvernement laisse la liberté complète dans le choix du procédé à employer. Les principaux traitements utilisés jusqu'à maintenant sont les virus microbiens et les grains empoisonnés par

---

[1] Cf. E. Roux : Note sur la nécessité de l'emploi des substances vénéneuses, et notamment de l'arséniate de plomb, en agriculture. *Annales des Epiphyties* (1913).

[2] G. Lavergne : Les Glandines ennemies des limaces et des escargots. *Rev. de Vitic.*, n° 993, décembre 1912.

[3] E.-L. Bouvier : *Bull. Séances Soc. nat. d'Agric.*

[4] Ph. de Vilmorin : Observations sur les Glandines à Verrières-le-Buisson. *C. R. Ac. Sc.*, p. 1189, 2 décembre 1912; *Bull. Séances Soc. nat. d'Agric.*, 8 octobre 1913.

la strychnine ou la noix vomique. Ce dernier produit a été appliqué en grand et avec succès dans les Charentes; en Vendée, on a constaté par contre le peu d'action des appâts empoisonnés avec cette substance, lorsque les Campagnols ont en abondance à leur disposition des aliments plus attractifs, tels que les pousses tendres de la luzerne et du blé.

Les résultats avec les divers virus (virus Danysz, virus de Löffler, v. le Ratin, etc.) ne sont pas aussi nets et aussi concluants qu'on pouvait le désirer. En particulier, pour le virus Danysz, les conclusions des Rapports des directeurs des Services agricoles des départements atteints attestent tous, ainsi que l'a constaté M. L. Perrier[1], les résultats contradictoires auxquels on est parvenu, et en tout cas ne permettent point de conclure à l'efficacité incontestable du virus. D'une fort intéressante étude sur les divers virus préconisés dans la lutte contre les Campagnols, L. Perrier conclut qu'il faut croire à leur valeur d'une façon générale, malgré les résultats très inconstants, dus vraisemblablement à ce qu'ils ne sont pas toujours mis entre des mains expertes : ils (v. Danysz et de Löffler) auraient donné de très bons résultats toutes les fois que leur application a été minutieusement faite. Ils n'agissent bien que si on les emploie sur des régions fortement infestées et ne présentent pas de supériorité sensible sur les poisons quand les rongeurs sont peu nombreux et leurs trous éloignés les uns des autres. « En somme, ici comme ailleurs, le procédé vaut surtout par la façon d'opérer ».

X. — Les maladies cryptogamiques des céréales[2].

1. *La Rouille.* — D'après de nombreuses observations de ces dernières années (Dr Barclay), il semble bien que le *Puccinia graminis* peut se maintenir sur le blé dans une région en l'absence des écidies et par suite de l'épine-vinette. Toutefois, on ne doit pas négliger la destruction de cette plante. D'une enquête faite par H. T. Gussow[3], il résulte que, dans les régions du Danemark où la destruction de l'épine-vinette a été systématique, la rouille des blés a très sensiblement disparu quelques années après. Il est d'ailleurs très probable que, si l'épine-vinette n'est pas un hôte indispensable au maintien du *P. graminis*, sa présence permet sans doute la production d'attaques particulièrement précoces et violentes de rouille.

Comes Orazio[1] montre, dans un important mémoire, la corrélation étroite qui existe entre l'acidité des sucs des blés et la résistance aux Rouilles. Il en conclut que, pour augmenter la résistance chez les plantes améliorées et conséquemment plus réceptives aux parasites, l'agriculteur doit s'en tenir au moyen biologique, c'est-à-dire à la sélection et à l'hybridation dans une région donnée. En outre, la fumure azotée, rendant plus sucrés les sucs végétaux et moins résistantes aux parasites les céréales, doit être exclue et remplacée par l'emploi des phosphates et superphosphates.

Enfin, de fort intéressantes recherches sont poursuivies actuellement par Beauverie[2] d'une part et Eriksson[3] de l'autre. Le premier de ces expérimentateurs a montré, vérifiant ainsi de nombreuses observations antérieures, que les spores de rouille sont fréquentes sur le péricarpe (dans le cas des grains nus), aussi bien que sur les glumelles (lorsqu'il s'agit de grains vêtus). Il en conclut que ces formations doivent posséder une importance primordiale au point de vue de la propagation des Rouilles d'une année à l'autre. Toutefois ses essais de germinations (tardifs, il est vrai) n'ont pu encore vérifier cette assertion. D'autre part, Eriksson expose les raisons qui l'amènent à penser que « des groupes de spores et de mycelium, se trouvant à la surface des grains ou à leur intérieur, n'ont aucune portée essentielle dans l'économie du champignon ». En somme « la question, si importante au point de vue pratique, de l'efficacité des germes de rouille contenus dans les semences des Graminées pour l'hibernation de la maladie, n'est point tranchée ».

2. *Le Piétin.* — Aucune maladie n'a plus préoccupé les cryptogamistes français en ces dernières années que le, ou plutôt les piétins, dont le développement, grâce aux hivers doux de 1911-1912 et 1912-1913, s'est considérablement accru dans les pays à céréales. On ne peut encore malheureusement définir avec netteté ces diverses affections : en général, l'attaque par le *Leptosphæria herpotrichoides* est suivie de la verse, tandis que l'atteinte par l'*Ophiobolus graminis* entraîne seulement un aspect d'échaudage. Prunet[4] attribue à l'*Ophiobolus herpotrichus* la plupart des cas de piétin qui se manifestent dans le Sud-Ouest.

[1] L. Perrier : L'emploi des virus dans la lutte contre les Campagnols. *Vie agric. et rur.*, n° 14, mars 1914.

[2] Et. Foex : Rapport phytopathologique pour l'année 1913. *Ann. du S. des Epiph.*, 1914.

[3] H. T. Gussow : L'épine-vinette (*Berberis vulgaris*) et ses rapports avec la rouille. *Bull. Mens. de l'Inst. Intern. d'Agric.* Rome, juin 1913.

[1] Comes Orazio : Della resistenza dei frumenti alle ruggini. *Atti del R. Inst. Incoragg. Napoli*, S. VI, vol. IX, 1913.

[2] J. Beauverie : *C. R. Ac. Sc.*, 5 mai 1913, 3 nov. 1913 et 27 avril 1914.

[3] J. Eriksson : *C. R. Ac. Sc.*, 27 avril 1914.

[4] Prunet : Sur les champignons qui causent en France le piétin des céréales. *C. R. Ac. Sc.*, t. CLVII, décembre 1913.

De nombreuses observations ont été faites, en outre, sur la biologie et le développement des piétins, mais on est loin d'avoir un accord complet sur ces questions. Les engrais semblent avoir une action sur le développement de la maladie : les fumures au fumier de ferme favoriseraient le piétin, tandis qu'un apport très précoce au printemps de superphosphates, nitrates, sels de potasse paraît avoir préservé certains champs de l'attaque (Guerrapain[1] et Demolon). Pour Hitier, la maladie se développerait bien en sols relativement pauvres[2]. Les assolements paraissent agir de différentes façons (modifications physiques et chimiques du sol) sur le piétin ; de même, l'époque des semis a une très grande action sur le développement: les blés semés en octobre sont beaucoup plus exposés à la maladie que ceux emblavés plus tard. Pour Fron et Foëx, un blé semé dru serait plus exposé qu'un autre plus clair. Schribaux,[3] d'après ses dernières observations sur la maladie, estime que le remède doit être cherché moins dans le choix des variétés que dans les mesures visant la production de plantes robustes et la diminution des chances de contamination. Il a constaté, en outre, que toutes les circonstances qui aboutissent à l'obtention d'un blé peu développé et fortement éclairé, couvrant à peine le sol au début du printemps, sont nuisibles à l'évolution du piétin. Il conseille enfin l'emploi de l'acide sulfurique à 10 °/₀, à raison de 1000 litres au moins par hectare, ce qui détruit une partie des feuilles du blé, que l'on remplacera à l'aide d'un épandage de nitrate, en particulier.

XI. — L'oïdium brun du groseillier.

En juillet 1913, G. Arnaud consacrait un article de la *Revue de Phytopathologie appliquée* à l'Oïdium brun du groseillier, le *Sphærotheca mors-uvae*, pour mettre en garde les horticulteurs contre cette maladie, non encore signalée en France, qu'il ne faut pas confondre avec l'Oïdium européen, causé par le *Microsphæra grossularia*. Peu de temps après, cet inspecteur du Service phytopathologique découvrait l'oïdium américain dans des pépinières de la région d'Orléans. Sur l'avis du Comité consultatif des Epiphyties, le Préfet du Loiret prit un arrêté le 13 décembre 1913, prescrivant la destruction du *Sphærotheca* dans son département. Enfin, tout récemment, la présence du même cryptogame a été constatée dans le Calvados (Honfleur), d'où de nombreux plants de groseillier sont expédiés en Angleterre.

Bien que la culture du groseillier à maquereaux (*Ribes uva-crispa* ou *R. grossularia*) soit beaucoup moins importante en France que dans les pays du Nord (où des mesures sévères ont été prises à l'encontre de ce parasite), il est nécessaire que les Services compétents, secondés par les horticulteurs intéressés, fassent en sorte pour limiter l'extension du fléau. Il est d'ailleurs à remarquer que le *Sphærotheca* n'attaque pas seulement le groseillier épineux, mais la plupart des espèces du genre *Ribes*, entre autres le groseillier noir ou cassissier (*R. nigrum*) et le groseillier rouge ou à grappes (*R. rubrum*), qui sont beaucoup plus répandus en France que le premier.

Les traitements employés actuellement en Russie, où la maladie est signalée depuis 1901, ont donné, sous la direction de A. de Jaczewski[1], des résultats assez probants pour éviter à la France des tâtonnements et de longues recherches. La lutte est des plus difficiles, le parasite étant très vivace; aussi est-il nécessaire de bien suivre toutes les instructions du distingué pathologiste russe, dont le principe est la désinfection du sol auprès des groseilliers et des pulvérisations anticryptogamiques sur les plantes à des époques convenablement choisies. Les produits fongicides les plus recommandés dans le cas présent sont l'*azurine en cristaux de Gmür* (mélange d'ammoniac et de sulfate de cuivre) à 0,3 °/₀, les polysulfures alcalins à 0,3 °/₀. D'autre part Doroguine, assistant à l'Institut de Pathologie végétale de Saint-Pétersbourg, aurait constaté que la soude ordinaire du commerce constitue un produit excellent contre le *Sphærotheca*; la destruction serait dans ce cas beaucoup plus économique qu'elle ne l'est maintenant.

XII. — Le mildiou de la vigne.

Le grand développement qu'a pris ces dernières années, en 1913 en particulier, cette maladie a stimulé de nombreuses recherches qui ne sont pas sans être d'un grand intérêt pour la pratique.

La germination des œufs du *Plasmopora viticola* avait été rarement obtenue; seuls Prillieux et Viala la décrivent. Ravaz et Verge[2] d'une part, Gregory[3] d'une autre, sont arrivés à établir les conditions dans lesquelles se produit ce phénomène

[1] Guerrapain et Demolon : Enquête sur la maladie du piétin. *J. d'Ag. prat.*, 1913.

[2] Hitier : Sur le piétin du blé. *Bull. Séan. Soc. nat. Agric.*, juillet 1913.

[3] Schribaux : Sur le piétin des céréales. *Bull. Séan. Soc. Nat. d'Agr.*, avril 1914.

[1] De Jaczewski : Quelques mots sur le traitement du *Sphærotheca mors-uvae*. *Rev. de Phyto. appl.* ; août-septembre 1913.

[2] Ravaz et Verge : La germination des spores d'hiver de *Pl. viticola*. *C. R. Ac. Sc.*, n° 10, mars 1913.

[3] Gregory: Spore germination and infection with *Pl. viticola*. *Phytopatology*, t. II, n° 6, décembre 1912.

physiologique, et en ont fourni des descriptions parfaitement concordantes : les oospores donnent naissance à un zoosporange unique porté par un pédicelle assez court.

D'autre part Ravaz et Verge, de même qu'Istvanffi et Palinkas[1], indiquent que les conidies germent dans l'eau et dans l'eau seulement, c'est-à-dire ne peuvent germer dans un brouillard, la température optimum étant de 20 à 22°. Il semble bien besoin, en outre, pour le développement d'une invasion de mildiou, d'une journée ou d'une nuit entière de grande humidité, sans que l'eau soit en excès, ce qui serait nuisible au champignon.

Si Ravaz et Verge[2] confirment les résultats de Muller-Thurgau[3], d'après lesquels l'infestation des feuilles se fait par pénétration des zoospores à travers les stomates de la face inférieure, Istvanffi et Palinkas ont montré que l'infestation peut se produire aussi dans certains cas par la face supérieure; mais, contrairement à ce que pense Faes, il semble bien que dans les traitements on ne doit pas chercher à atteindre exclusivement la face inférieure. D'autre part, Istvanffi et Ravaz[4] ont chacun constaté l'immunité du grain lui-même vis-à-vis du mildiou : les bouillies légèrement mouillantes suffiront donc dans les traitements qui, tout en visant les feuilles, atteindront aussi les pédicelles et pédoncules, seules parties vulnérables d'une grappe.

Les Stations d'avertissement, dont l'idée est due à Cazeaux-Cazalet et à Capus, ont pris un grand prestige vis-à-vis des viticulteurs du Sud-Ouest; elles prévoient l'arrivée des pluies et avertissent de leur approche les viticulteurs assez tôt pour qu'ils puissent traiter[5]. Ravaz et Istvanffi, d'un autre côté, préconisent des méthodes de prévision, supprimant ces Stations, comme en particulier l'emploi d'un cep témoin (très sensible à la maladie) et la recherche de l'apparition des premières « taches d'huile ».

XIII. — Le court-noué.

L'origine de cette maladie, qui, dans certaine région méridionale, fait assez de tort à la vigne, reste toujours bien mystérieuse. Dans le courant de 1913, L. Petri[1] a publié deux importants mémoires sur la question, qu'il résout à son avis en grande partie. Une particularité histologique permettrait de définir cette affection : c'est la présence de cordons endocellulaires dans les tissus de vignes atteintes de court-noué. De nature hémicellulosique, les cordons s'étendent dans une ou plusieurs cellules; ils prennent naissance alors que le froid a frappé le cambium ou des tissus en voie de différenciation. Il faut ajouter que la formation des cordons endocellulaires précède toujours d'une ou plusieurs années la manifestation caractéristique du court-noué.

Par contre, les observations de Mameli Eva[2], qui ont fait l'objet de deux notes et d'un travail d'ensemble, viennent en contradiction avec celles de Petri. La présence des cordons endocellulaires, même dans le bois de deux ans, serait un fait fréquent non seulement chez les vignes atteintes de roncet, mais aussi chez les vignes saines (86 °/₀), c'est-à-dire cultivées dans des endroits jusqu'à présent non contaminés par le court-noué et ne présentant dans aucun organe de symptômes extérieurs ni de cette maladie, ni d'aucun dépérissement. D'ailleurs, ces cordons peuvent manquer ou être rares aussi bien chez les vignes saines que chez les vignes atteintes de roncet. Leur formation ne peut être due d'autre part à des abaissements de température; ils ne sont pas spéciaux à la vigne; leur origine serait très probablement uniquement d'ordre mécanique.

Enfin Paravino[3] d'une part, Montemartini[4] d'autre part, pensent que le court-noué serait dû à des causes parasitaires : ces auteurs ont isolé de vignes malades chacun un bacille, dont l'un, le *Bacillus baccarinni*, est la cause du « mal nero ».

P. Vayssière,
Chargé de Mission à la Station entomologique de Paris,
Inspecteur du Service Phytopathologique.

[1] De Istvanffi et Palinkas : Etude sur le Mildiou de la vigne. *Ann. Inst. centr. ampélograph. R. Hongrois*; 1913.

[2] Ravaz et Verge : Les conditions de développement du Mildiou de la vigne; 1912.

[3] Muller-Thurgau : Infektion der Weinrebe durch *Pl. viticola. Centralbl. f. Bakter.*, t. II, 1911.

[4] L. Ravaz : Recherches sur le Mildiou de la vigne. *Ann. du Serv. des Epiph.*: 1913.

[5] J. Capus : Les invasions de Mildiou dans la Gironde et dans l'Aude en 1912. *Ann. du S. des Epiph.*; 1913.

[1] L. Petri : Ricerche sulla cause dei deperimenti delle Viti in Sicilia; 210 p., Rome, 1912, et *Rendiconti delle sedute della R. Ac. Linc.*, 5e série, vol. XXII et XXIII, Rome, 1913 et 1914.

[2] Mameli Eva : *Rendic. delle sed. del. R. Ac. Lincei*; 5e série, Rome, 1913. et *Atti dell 'Instit. botanico d. Univers. d. Pavia*, 2e série, vol. XVI, Milan, 1913 et 1914.

[3] Paravino : Ricerche sul Roncet. *Riv. Patol. Veget.*, t. IV, n° 6, août-septembre 1913.

[4] Montemartini : Un nuovo Schuzomicete della Viti. *Riv. Patol. Veget.*, t. IV, n° 6, août 1913.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Bachelier (L.), *Dr ès sciences.* — **Le jeu, la chance et le hasard.** — 1 *vol. in*-12, *de* 320 *pages, de la Bibliothèque de Philosophie scientifique.* (*Prix* : 3 *fr.* 50). *E. Flammarion, éditeur, Paris,* 1914.

Il est indéniable que le Calcul des probabilités ne réunit qu'un petit nombre d'adeptes. Selon l'auteur, « l'idée de probabilité semble en contradiction complète avec l'idée essentielle de la science exacte. La science exacte recherche l'absolu, son principe paraît être l'antithèse de l'idée de probabilité. L'expression même de Calcul des probabilités semble impliquer une contradiction entre les termes, comme aussi l'expression analogue de : lois du hasard. Il a fallu un bel effort pour oser appliquer le Calcul, qui est la précision même, à une question qui, par sa nature, lui semble tout à fait rebelle. »

S'il n'y a pas lieu de s'étonner, d'après cela, de voir cette branche des Mathématiques cultivée seulement par quelques esprits supérieurs, tels que Huyghens, D. Bernouilli, Laplace, Carnot, Bertrand, Poincaré..., il ne convient pas moins de louer et de faciliter la tâche des savants comme MM. Borel, Bachelier, qui s'efforcent aujourd'hui d'orienter les jeunes mathématiciens dans une voie qui s'élargira indéfiniment et donnera des résultats féconds avec la mutualité qui est plus que jamais à la base de nos conventions sociales.

« Le Calcul des probabilités n'est pas à proprement parler une application des Mathématiques pures, c'est une science autonome ayant un genre d'esthétique tout spécial. Pour en comprendre la beauté, il faut bannir les images vulgaires que la considération d'un jeu peut faire naître. » En 24 chapitres, présentés avec art, M. Bachelier s'efforce de convertir et convaincre son lecteur.

D'abord, le hasard. Peut-on le définir? Peut-on parler de ses lois? Tel est le but du premier chapitre, où l'auteur conclut qu' « on ne peut définir correctement le hasard, pour cette raison qu'en réalité le hasard n'existe pas ».... « Le nombre des faits que nous attribuons au hasard, cause fictive créée par notre ignorance, doit varier comme cette ignorance, suivant les temps et suivant les individus. Ce qui est hasard pour l'ignorant n'est pas nécessairement hasard pour le savant. Ce qui est hasard aujourd'hui ne le sera peut-être plus demain. »

La probabilité, au chapitre suivant, se définit exactement comme le rapport du nombre des cas favorables à l'arrivée d'un événement au nombre total des cas possibles. Ceci exige toutefois, pour les applications, des commentaires que l'auteur expose très clairement. L'espérance mathématique, l'espérance morale, la chance sont ensuite envisagées au point de vue visé dans l'ouvrage. L'espérance mathématique est la valeur d'une somme dont le gain n'est qu'éventuel, telle la valeur d'un billet de loterie. L'espérance morale tient compte de la fortune de celui qui possède une espérance mathématique. Cette conception est due à Daniel Bernouilli : « Un individu a de la chance quand les hasards qui influent sur le cours de sa vie lui sont plus favorables qu'ils ne le sont d'ordinaire; il a de la chance dans la vie comme il en avait à un jeu. Si la chance est appréciée par l'intéressé, elle devient le bonheur ».Après ces définitions, qu'il faut relire, les valeurs moyennes donnent une idée générale d'un ensemble de valeurs soumises aux aléas de l'existence, du hasard, de la chance. A remarquer les notions de la vie probable et de la vie moyenne qui servent de base à la théorie des assurances. Les martingales et les loteries mettent en relief les conditions avantageuses ou désavantageuses du jeu. Les réflexions de l'auteur sont pleines de bon sens : « La martingale est la cause unique des grosses fortunes; on ne leur connut jamais d'autre origine ; que la martingale prenne la forme industrielle, commerciale ou financière, c'est toujours, en réalité, d'un jeu qu'il s'agit.

« Pour devenir très riche, il faut être favorisé par des concours de circonstances extraordinaires et par des hasards constamment heureux.

« Jamais un homme n'est devenu très riche par sa valeur. »

Avec les lois des grands nombres, le joueur peut supputer ses chances de gain ou de perte, connaissant les avantages et les désavantages du jeu. « A la longue on ne peut gagner à un jeu que s'il est avantageux ; s'il est désavantageux, on perd nécessairement. »

Sous le titre : la ruine des joueurs et les illusions des joueurs, l'auteur refait l'analyse du jeu en signalant tout particulièrement les écueils et les erreurs communes à tous ceux qui s'abusent sur les moyens de faire fortune par ce procédé. « Quand un joueur est persuadé d'avoir trouvé une combinaison assurant un bénéfice certain, ce n'est que par acquit de conscience que l'on doit essayer de le désabuser. Les raisonnements les plus probants n'ébranlent pas sa conviction et toutes les formules de l'algèbre ne peuvent altérer sa foi. »

Après l'exposé des connaissances usuelles ou acquises sur le Calcul des probabilités, M. Bachelier soumet une nouvelle théorie au lecteur. Quelques phrases typiques inviteront plus particulièrement celui-ci à en poursuivre l'étude : « La probabilité, qui est une abstraction, rayonne comme un petit soleil. La probabilité, qui est une abstraction, se désagrège comme le morceau de sucre que nous mettons dans un grog.... La probabilité n'est pas seulement le rapport de deux nombres dont le premier est toujours plus petit que le second; c'est une sorte de matière, d'énergie,... de chose qui se transforme et qui est, pour ainsi dire, animée et mouvante. Les analogies, les images, même vagues et indécises, présentent un intérêt très réel qu'elles ne tirent pas seulement de leur originalité ni de leur imprévu. Parlant à l'imagination, elles permettent souvent de mieux pénétrer un sujet trop abstrait; parfois même, elles permettent d'entrevoir de nouvelles vérités. »

La théorie des probabilités continues, qui constitue un apport propre à M. Bachelier, est exposée au « Traité sur le Calcul des Probabilités » (Gauthier-Villars, 1912). Il n'y a pas lieu d'en donner ici-même un aperçu d'après l'auteur lui-même, qui se borne aux applications. Effectivement « le Calcul des probabilités, qui n'est pas ce qu'il y a de plus difficile dans la science, est peut-être ce qui est compris par le moins de gens, et comme il ne présente rien qui soit visible ni tangible, comme il conserve pour beaucoup quelque chose de mystérieux, ses conclusions ne sont souvent accueillies qu'avec un profond scepticisme. L'expérience est le dernier moyen qui reste pour confondre les incrédules. »

Aussi les vérifications illustrent-elles parfaitement les chapitres : le hasard et l'expérience, la spéculation, la probabilité des événements futurs,... le tir à la cible. Après avoir fait ressortir la véritable simplicité de la loi des grands nombres, cette conclusion clôt l'ouvrage :

« Ce calcul, qui procède à la fois de la philosophie et de la science, qui est en même temps très profond et très simple, qui exige beaucoup de réflexion et très peu de formules, devrait être étudié par tous les philosophes comme par tous les savants; les uns et les autres y trouveraient sans doute un très grand intérêt et un très grand charme, suivant le mot de Laplace : « Il n'est pas de science plus digne de nos méditations. »

Telles sont les diverses matières de ce volume, qui résume et condense un labeur considérable et est appelé sans doute à figurer parmi les plus distinguées des œuvres si variées et si bien inspirées de la collection du Dr G. Le Bon.

A. Lebeuf,
Correspondant de l'Institut,
Directeur de l'Observatoire de Besançon.

Trignart (A.), *Inspecteur à la Cie P.-L.-M.* — **Table auxiliaire d'intérêts composés.** *Préface de* M. A. Barriol. — *1 broch. in-8° de 24 pages.* (*Prix : 2 fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1914.

Les tables actuelles d'intérêts composés sont généralement établies pour des taux variant de 0,1 °/₀ (3; 3,1; 3,2 °/₀...). Pour les taux intermédiaires, on fait usage de diverses méthodes d'interpolation; mais fort souvent dans la pratique les résultats obtenus ne sont pas suffisamment approchés. Il faut alors recourir au calcul direct, soit à la main, soit à l'aide de machines à calculer.

M. Trignart a recherché un procédé qui permette de restreindre encore le champ d'interpolation, de manière à reculer le plus possible le moment où l'on devra employer le calcul direct. Il y est arrivé en partant d'un taux i très petit et en calculant les puissances successives du binôme $(1+i)$ pour un nombre très grand de périodes. La valeur de i choisie est de 0,0001. La double inégalité $(1,000)^n < N < (1,0001)^{n+1}$, où N peut être un nombre quelconque, permet, grâce à la lente croissance de l'exponentielle $(1,0001)^1$, de calculer les puissances et les racines avec une approximation plus grande qu'avec les logarithmes, et une plus grande facilité.

Cette table a sa place toute marquée parmi les livres des actuaires, mais les ingénieurs trouveront également des avantages sérieux à son emploi, qui ne nécessite qu'un apprentissage très court

2° Sciences physiques

Ranc (Albert), *Docteur ès-sciences, Chef des travaux à l'École des Hautes-Études à la Sorbonne.* — **Contribution à l'étude des actions physiologiques de la lumière. Action des rayons ultra-violets sur les hydrates de carbone.** — *Un vol. in-8° de 196 pages.* (*Prix : 10 francs*). *A. Leclerc, éditeur*, 19, *rue Monsieur-le-Prince, Paris*, 1914.

On sait que la lumière produit sur les organismes vivants une série d'actions physiologiques, héliotropisme positif ou négatif, excitation, abiotisme, etc. Le mécanisme intime de ces actions a été attribué par Lœb à une activation photochimique, du côté éclairé, de réactions d'oxydation, de réduction ou autres qui ont lieu normalement dans la plante, ou encore à des réactions photochimiques spéciales.

Les processus qui se produisent sont très complexes. Le but du travail de M. Ranc a été de tenter un essai d'analyse de cet ensemble de réactions en limitant à la fois la qualité et la quantité de lumière et le nombre des corps sur lesquels on la fait agir. Son étude porte sur quelques hydrates de carbone, substances très répandues dans les organismes. Les recherches ont été faites avec les rayons émis par la lampe en quartz à vapeur de mercure, qui forment un ensemble constant qu'on peut utiliser en totalité ou en partie. Voici les principaux résultats obtenus.

L'action des rayons ultra-violets de la lampe en quartz sur la glycérine donne lieu uniquement à des phénomènes d'oxydation. Suivant l'intensité du rayonnement, cette oxydation peut être *ménagée*, avec formation de glycérose contenant de l'aldéhyde glycérique et de corps à fonctions acides ou à fonctions aldéhydiques, ou *totale*, avec formation d'aldéhyde formique ou d'acide carbonique.

L'action des rayons ultra-violets sur le lévulose pur en solution aqueuse provoque une dégradation profonde allant jusqu'à la formation d'aldéhyde formique et d'oxyde de carbone; on trouve également de l'alcool méthylique parmi les produits de décomposition. La décomposition s'accompagne de phénomènes d'oxydation aboutissant à la formation d'acide carbonique et d'une série d'acides organiques.

Enfin l'action des rayons ultra-violets sur le saccharose en solution aqueuse se manifeste par une série de réactions d'hydrolyse, avec formation de monoses, puis d'oxydation et de décomposition allant jusqu'à la formation d'un ensemble de corps parmi lesquels on trouve : l'aldéhyde formique, l'oxyde de carbone, des acides et des produits à fonction aldéhydique.

M. Ranc termine son ouvrage en montrant les rapports des résultats précédents avec diverses questions biologiques importantes.

3° Sciences naturelles

Révil (Joseph), *Docteur de l'Université de Grenoble, Président de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Savoie.* — **Géologie des chaînes jurassiennes et subalpines de la Savoie**, *t. II.* — *1 vol. in-8°, 304 pages, 3 planches phot., 6 planches de coupes géologiques, 2 planches cartes, 4 planches fossiles, index géographique* (*Mém. de l'Acad. de Savoie, 6e série, t. II. Reproduit dans les Travaux du Lab. de Géol. de la Faculté des Sciences de l'Univ. de Grenoble, t. X*). *Imprimerie générale savoisienne, Chambéry*, 1913.

Les lecteurs de la *Revue générale des Sciences* ont déjà appris à connaître l'auteur de cet ouvrage, puisque c'est précisément M. Révil qui expose ici chaque année les découvertes les plus importantes dans le domaine des sciences géologiques. Aussi salueront-ils tous avec joie l'achèvement du gros travail entrepris par notre éminent confrère : ce tome II, consacré à la Tectonique, fait suite au tome I, où avaient été étudiées l'orographie et la stratigraphie, et termine ainsi la description géologique des montagnes savoisiennes[1]. Toute une vie laborieuse d'observations, de courses souvent pénibles, de longues réflexions, une belle vie de géologue consciencieux et toujours actif, tient dans cette œuvre.

Bien souvent les descriptions régionales ne sont pour leurs auteurs que des prétextes à développements généraux, des occasions d'examiner sous une certaine face des problèmes importants, devant l'intérêt desquels celui de la région disparaît. Ce n'est pas le cas ici : pour qui sait lire entre les lignes, et voir combien de souvenirs se cachent derrière la précision et la sécheresse apparente du langage scientifique, il apparaît bien clairement que M. Révil aime ses montagnes surtout pour elles-mêmes : il en suit avec la plus attentive minutie tous les synclinaux et anticlinaux; pour lui, chacun d'eux a son individualité et son intérêt intrinsèque, chaque dislocation des couches explique un paysage familier, chaque assise calcaire ou marneuse donne sa physionomie spéciale à un de ces calmes profils des monts savoisiens. Aussi, chose rare, sent-on qu'en écrivant cet ouvrage, l'auteur n'a point cherché d'autre récompense et d'autre plaisir que le plaisir même de l'écrire.

En raison de la multiplicité des descriptions locales, les volumes de M. Révil sont appelés à devenir indispensables pour tout géologue qui veut étudier la Savoie :

[1] Voir la *Revue* du 30 janvier 1912, p. 80.

en outre des observations personnelles de l'auteur, on y trouvera utilisés et cités à leur place tous les travaux antérieurs ; tout le monde sait combien est devenue touffue la bibliographie alpine, et ce n'est point là un mince service que M. Révil aura rendu aux géologues régionaux.

Parmi les données les plus nouvelles, résultant des recherches personnelles de l'auteur, nous attirerons l'attention, entre autres, sur la carte où sont figurés tous les synclinaux et anticlinaux : l'allure de ces plis à l'extrémité nord du Massif de la Chartreuse est ici précisée pour la première fois dans tous ses détails, ainsi que la structure de la chaîne Revard-Nivolet et ses relations avec les eaux thermales d'Aix-les-Bains. M. Révil a également attiré l'attention sur les phénomènes si curieux de torsion des plis au voisinage de la vallée de l'Isère entre Montmélian et Albertville. On trouvera surtout des données nouvelles au sujet des relations tectoniques entre les Bauges et le massif de la Chartreuse : la plupart des plis de la Chartreuse viennent se terminer « périclinalement » près de Chambéry, et ceux des Bauges ne font que les « relayer », sans en être la continuation directe.

Une carte très sommaire des facies du Tithonique dans la Savoie nous fait regretter que l'auteur n'ait point profité de sa parfaite connaissance de la région pour multiplier et détailler davantage de pareilles synthèses cartographiques. Enfin, de nombreuses coupes locales, un beau panorama des environs de Chambéry, et quelques planches de fossiles viennent compléter l'illustration.

Tous les géologues alpins ne peuvent qu'être reconnaissants à M. Révil de leur avoir donné une monographie aussi soigneuse et aussi détaillée ; venant après beaucoup d'autres publications, après de nombreuses courses faites en commun avec plusieurs maîtres et fondateurs de la géologie alpine, cet ouvrage marque définitivement la place de l'auteur parmi ceux qui ont le plus contribué à faire avancer les études de tectonique régionale dans les Alpes françaises.

M. Gignoux,
Préparateur à la Faculté des Sciences de Grenoble.

Mottram (J. C.). — **Controlled natural selection and value marking.** — 1 *vol. in-8° de* 130 *pages.* (*Prix* : 4 *fr.* 35). *Longmans, Green and C°, London,* 1914.

Lorsqu'on considère l'ensemble des individus d'une même espèce, il paraît évident que les mâles âgés ont moins de valeur que les femelles au point de vue de la perpétuation de l'espèce, et que les jeunes animaux ont plus de valeur que les mâles et les femelles âgés, qui ont déjà reproduit plusieurs fois. D'autre part, étant donné que, parmi les divers individus d'une espèce, un certain nombre doivent nécessairement être la proie des ennemis de l'espèce, il serait avantageux pour celle-ci que le sacrifice porte de préférence sur les individus de moindre valeur, c'est-à-dire en première ligne sur les mâles, et en seconde ligne sur les femelles âgées, de façon à épargner le plus possible les jeunes des deux sexes et les femelles en âge de reproduire. Pour que les choses se passent ainsi, il faut que les individus de plus grande importance soient protégés de quelque façon par rapport à ceux de moindre valeur, par exemple que les jeunes et les femelles présentent une livrée protectrice (coloration cryptique), tandis que les mâles soient plus faciles à découvrir ou à capturer en raison de leurs couleurs vives, de leurs ornements apparents ; ou bien que les parents possèdent des instincts qui les poussent à se sacrifier lors d'une attaque, permettant ainsi aux jeunes de se mettre à l'abri.

Voilà, brièvement résumée, la théorie purement logique que propose M. Mottram dans son livre ; tout en l'exposant surtout comme une hypothèse de travail, il l'illustre d'assez nombreux exemples empruntés surtout aux Oiseaux d'Angleterre : il fait remarquer, par exemple, que les jeunes Oiseaux ont très généralement des colorations cryptiques, tandis que les couleurs brillantes, susceptibles d'attirer l'attention des Oiseaux de proie, sont l'apanage des adultes ; que les mâles possèdent fréquemment des ornements, des couleurs tranchées (coloration attractive), qu'ils chantent, qu'ils ont un tempérament combatif, tandis que les femelles, plus casanières, silencieuses, de plumage souvent terne, se cachent volontiers ; enfin que les Oiseaux de proie, qui n'ont que peu ou point d'ennemis à redouter, ne présentent que de faibles différences sexuelles, et ont très généralement des colorations peu apparentes.

Comme on le voit, cette interprétation des faits est un essai partiel d'explication du problème si difficile de la coloration des animaux ; cette théorie du sacrifice des individus les moins importants, réglé par la sélection naturelle qui fixe dans un sexe un caractère désavantageux pour celui-ci, mais avantageux pour l'espèce globale, tend à remplacer la théorie de la sélection sexuelle proposée par Darwin, qui attribue, pour les Oiseaux tout au moins, une influence créatrice au choix esthétique des femelles. L'élimination d'un certain nombre de mâles, soit qu'ils se livrent entre eux des combats, soit qu'ils aient l'instinct de sacrifice lors de l'attaque du groupe qu'ils protègent, n'a pas d'inconvénient puisque le nombre des mâles dépasse généralement les besoins, et elle a des avantages puisqu'elle assure corrélativement la protection des femelles et des jeunes.

Critique. — L'hypothèse paradoxale de M. Mottram, qui du reste rappelle par plusieurs traits les théories de Wallace et de Stolzmann, nous paraît accorder à la sélection une importance et une précision qui ne sont pas du tout démontrées. Si, à la rigueur, on peut la soutenir pour les Oiseaux, animaux évidemment chassés à la vue par leurs ennemis, elle paraît difficilement applicable aux Batraciens, aux Poissons et aux animaux de très petites dimensions, qui présentent cependant des différences et des colorations sexuelles tout à fait comparables à celles des Oiseaux.

D'autre part, admettons même qu'une espèce à mâles très visibles a théoriquement plus de chances de prospérité qu'une autre espèce à mâles semblables aux femelles, toutes choses égales d'ailleurs, parce que la première conserve une plus grande proportion des individus qui importent à sa perpétuation ; mais cela n'explique pas du tout la genèse du caractère sexuel tardif particulier au mâle et c'est là justement le point important à élucider. La théorie de la sélection sexuelle de Darwin avait l'avantage de faire comprendre le processus de cette orthogénèse spéciale ; si on ne l'accepte pas, avec la majorité des biologistes modernes, il faut lui substituer une autre théorie orthogénétique, et il ne me semble pas que l'hypothèse ingénieuse de M. Mottram puisse être considérée comme telle ; elle est plutôt d'ordre statique, comme les théories qui attribuent une valeur défensive aux colorations homochromiques et aux ressemblances mimétiques ; le rôle de la sélection naturelle graduelle et prolongée dans la genèse de ces dernières paraît aujourd'hui difficilement acceptable, et à plus forte raison il en est de même pour le développement des ornements et couleurs des mâles et des animaux adultes, considérés sous le point de vue de l'avantage pour l'espèce.

L. Cuénot,
Professeur de Zoologie à l'Université de Nancy.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 14 Décembre 1914.

M. **C. Jordan** est élu vice-président de l'Académie pour 1915.

1° Sciences physiques. — M. **Ed. Branly** : *Conductibilité intermittente des lames minces diélectriques.* L'auteur a constaté qu'une lame diélectrique serrée entre deux disques métalliques, et formant condensateur avec eux, ne laisse passer qu'une fraction extrêmement réduite du courant continu d'une pile; mais elle se comporte par rapport à deux courants interrompus de sens contraires comme si elle était conductrice, et la conductibilité apparente du diélectrique devient alors très considérable. En rétablissant le courant continu, la conductibilité reprend sa valeur antérieure et toute trace du passage des deux courants interrompus de sens contraires disparaît. Mais si, pendant l'intervalle de temps très court qui sépare le passage de deux courants de sens contraires, on fait passer un autre courant de pile de sens constant, on observe que la lame diélectrique est devenue conductrice pour ce courant.

2° Sciences naturelles. — M. **J. Amar** : *Sur l'alimentation et la force des Arabes.* L'auteur rappelle les résultats d'expériences qu'il fit sur les Arabes de l'Afrique du nord au cours d'une mission officielle (1907-1909). Dans chaque série d'expériences, l'homme est mis en équilibre de nutrition par une ration d'entretien composée suivant les habitudes du pays (à base de couscous), ou suivant les habitudes européennes (sans couscous), et tantôt il est laissé en repos, tantôt il produit un travail plus ou moins dur, mais mesuré. Or, à nombre égal de calories, il y avait accroissement de poids de l'organisme quand l'indigène s'alimentait selon ses traditions. Autrement dit, de telles rations assuraient l'invariabilité du poids du corps avec de moindres dépenses. Et surtout l'utilisation de ces aliments sous forme de travail musculaire bénéficiait d'une plus-value de 7 à 10 °/₀. C'est aux effets combinés de leur alimentation traditionnelle qu'il faut attribuer la résistance des Arabes à la fatigue, et la supériorité de leur rendement musculaire. — M. **P. Mazé** : *Les échanges nutritifs chez les végétaux ; rôle du protoplasme.* L'auteur établit par l'expérience que c'est le protoplasme vivant qui règle, chez les végétaux, les échanges nutritifs avec le milieu extérieur, indépendamment des lois de l'osmose. Il suffit pour cela de soumettre la cellule végétale à l'influence d'agents physiques ou anesthésiques, comme la chaleur ou le chloroforme, qui agissent sur le protoplasme sans modifier sensiblement l'état physique ou chimique de la membrane cellulosique. — M. **O. Lignier** : *Les glandes staminales des Fumariées et leur signification.* L'auteur a reconnu que les glandes staminales des Fumariées, qu'elles soient par paires ou isolées, représentent toujours d'anciennes étamines devenues sessiles et glandulaires. Ce sont donc de véritables staminodes. — M. le Dr **Bazy** : *Note statistique sur le tétanos.* La statistique, limitée au camp retranché de Paris, porte sur 10.896 blessés, ayant fourni 129 cas de tétanos, soit 1,184 °/₀, avec 90 morts, soit 70 °/₀ des cas. Le tétanos peut apparaître très tardivement après la blessure (jusqu'à 27 jours après); le plus grand nombre de cas s'est déclaré six à huit jours après. Dans les formations sanitaires où les chirurgiens font systématiquement des injections préventives à tous les blessés au moment de leur entrée, la morbidité par le tétanos est de 0,418 °/₀; dans les formations sanitaires où cette injection n'est faite qu'aux malades suspects, elle est de 1,279 °/₀, soit trois fois plus forte. Sur les 129 cas de tétanos, il y en a eu 120 à la suite d'éclats d'obus ou de shrapnells, 9 à la suite de plaies par balles. Il faut donc faire des injections préventives à tous les blessés.

Séance du 28 Décembre 1914.

1° Sciences physiques. — MM. **Ph.-A. Guye** et **F.-E.-E. Germann** : *Influence des impuretés gazeuses de l'argent sur les valeurs des poids atomiques déterminées par les méthodes classiques ; poids atomique du chlore et du phosphore.* Les auteurs montrent que le défaut de concordance des déterminations du poids atomique de l'argent faites à Harvard s'explique par le fait que les différents échantillons d'argent, fondus simplement dans une atmosphère d'H, contenaient vraisemblablement des quantités variables de gaz, puisque l'échantillon étudié par eux, purifié par barbotage d'H dans le métal fondu, retenait encore un poids appréciable de gaz, soit 42 millionièmes. Tous les rapports atomiques directs avec l'argent doivent être diminués dans cette même proportion. Cette correction, apportée au poids atomique du Cl, déterminé par le rapport Ag : Cl, et à celui du P, déterminé par le rapport PCl^3 : 3 Ag, donne respectivement pour ces deux éléments les valeurs 35,460 et 31,007. — M. **R. Marcille** : *Détermination des indices d'iode de Hübl en liqueurs alcooliques. Indices d'iode des huiles essentielles.* L'auteur a reconnu que la détermination de l'indice d'iode des huiles essentielles réclame les précautions suivantes : 1° emploi d'un volume de solution alcoolique uniforme et de même degré dans tous les essais, par exemple 100 cm³ de solution à 50° ; 2° addition de la solution chloroiodomercurique (30 cm³) en chambre noire et maintien des flacons dans l'obscurité durant la durée du contact.

2° Sciences naturelles. — M. **D. Eginitis** : *Sur les derniers tremblements de terre de Thèbes.* L'auteur a étudié les indications données par les sismographes de l'Observatoire d'Athènes sur le tremblement de terre qui a secoué la Béotie le 17 octobre et les jours suivants. Il y a eu une forte secousse le 17 à 6 h. 22 m. 43 s., suivie de deux autres à 10 h. 42 m. 21 s. et à 13 h. 20 m. 22 s. L'épicentre se trouvait à environ 6 kilomètres au sud-est de Thèbes et la zone épicentrale, déduite des isosistes, a la forme d'une ellipse dont le grand axe, de direction EW, a une longueur de 50 kilomètres, et le petit axe de 30 kilomètres. A Thèbes, la première secousse, qui a ruiné 20 maisons et rendu inhabitables toutes les autres, avait une force de 9, une direction SN et une durée de 20-25 s.; elle était accompagnée d'un bruit souterrain. Jusqu'au milieu de décembre, on a enregistré environ 500 secousses venant du même épicentre. Les fréquents et violents tremblements de terre de la Béotie paraissent continuer les grands phénomènes géologiques qui, au commencement du Quaternaire, ou à la fin du Tertiaire, ont séparé l'île d'Eubée de la Grèce continentale. — M. **E. A. Martel** : *Sur Mammoth Cave (Kentucky).* L'auteur a pu explorer la célèbre caverne du Mammouth, la plus grande du monde, et en donner un essai de coupe synthétique générale, grâce à des observations barométriques. D'après lui, Mammoth Cave a évolué suivant trois niveaux principaux, sur une épaisseur moyenne de 90 à 100 mètres (20 à 30 mètres pour les

grès et 70 mètres pour les calcaires). A l'époque pliocène probablement, les puissants ruissellements des Alleghanys ravinèrent les plateaux, creusant les thalwegs de l'Ohio et de ses affluents. Certains défauts des grès constituèrent des goules d'absorption, des pertes de rivières; les courants ainsi infiltrés creusèrent d'abord l'immense et subhorizontale Main Cave, que draina longtemps la Green River, alors plus élevée qu'aujourd'hui. L'approfondissement de cette dernière abaissant le niveau de base, les fissures verticales du calcaire s'élargirent en puits qui soutirèrent les courants de Main Cave par des galeries intermédiaires. L'évidement souterrain marcha toujours parallèlement à celui des vallées extérieures et tous deux sont de même âge.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 22 Décembre 1914.

M. le Vice-Président annonce à l'Académie la mort de M. **Ch. Perier**, président, de M. **Lereboullet**, membre associé libre, et de M. **de Ranse**, correspondant national.

Séance du 29 Décembre 1914.

M. le Président annonce à l'Académie le décès de M. **Alfred Fournier**, membre de l'Académie.

M. **Charles Monod** est élu vice-président pour 1915; M. **R. Blanchard** est réélu secrétaire annuel.

M. **M. de Fleury** : *Un moyen de délassement pour les troupes en marche.* L'auteur rappelle un procédé préconisé autrefois par le Dr L. Jacquet : Faire déchausser les hommes, si possible, les faire étendre à terre, la tête légèrement surélevée et appuyée sur leurs sacs, les membres inférieurs dressés, formant avec le tronc un angle droit, et appuyés contre un mur, un arbre, une haie ou la paroi d'une tranchée. Cette attitude étant prise, on leur fait exécuter une série de mouvements, rapides et à fond, des doigts de pied, du cou-de-pied et, si possible, du genou, pendant 5, 10 ou 15 minutes. Le sentiment de gêne articulaire, de courbature musculaire, de pesanteur, de meurtrissure, d'impotence douloureuse disparaît rapidement, si bien qu'une troupe paraissant exténuée, à bout de forces, peut recouvrer la possibilité de donner un effort supplémentaire et peut-être décisif. — MM. **P. Sainton** et **Maille** : *Note sur le liquide céphalo-rachidien dans le tétanos et son absence de toxicité.* Les auteurs ont reconnu que : 1° le liquide céphalo-rachidien des tétaniques n'est le siège d'aucune réaction lymphocytaire; il est absolument stérile; 2° l'absence de réaction lymphocytaire coïncide avec l'absence d'albuminurie : il existe une proportion de glycose assez notable. Celle-ci paraît diminuer si la maladie s'aggrave; 3° ce liquide n'est point toxique; son inoculation au cobaye ne provoque aucun accident; 4° chez les tétaniques traités par les injections phéniquées, suivant la méthode de Baccelli, l'acide phénique ne passe point dans la cavité arachnoïdienne.

Séance du 5 Janvier 1915.

M. **F. Glénard** : *Discussion sur la fièvre typhoïde.* A propos d'une précédente communication de M. Letulle sur l'emploi de l'or colloïdal dans la fièvre typhoïde, M. Glénard désire faire remarquer que la typhoïde est l'une des maladies que le médecin est le plus puissant à combattre. Le traitement classique par les bains froids présente toutes les garanties d'efficacité; s'il ne peut enrayer l'évolution de la maladie, du moins il lui impose une allure relativement bénigne. En fait, la mortalité naturelle de la fièvre typhoïde est de 19 à 20 %. Avec le traitement par les bains froids, elle tombe à 7-8 % dans les hôpitaux généraux, à 4-5 % dans les hôpitaux militaires en temps de paix, à 1-3 % dans la pratique de la médecine de famille; dans l'épidémie actuelle de l'armée, elle ne dépasse pas 12 %. — M. **Bazy** : *De la nécessité d'une installation radiologique pour la chirurgie de guerre.* L'auteur montre qu'il est indispensable d'avoir une installation radiologique à la fois dans les hôpitaux de l'arrière, où l'on opère en général, et dans les hôpitaux voisins du front pour l'ablation des projectiles. Celle-ci s'impose d'urgence, car bien des plaies ne peuvent être complètement désinfectées que si l'on joint aux incisions de débridement l'ablation des corps étrangers infectants; or, la désinfection des plaies est une opération de la plus extrême urgence. — M. **J. Pougnet** : *De l'action des rayons de courtes longueurs d'onde sur les membres congelés.* L'auteur a traité des engelures ulcérées par l'exposition à l'ultraviolet moyen, pendant plusieurs séances et pendant des temps très courts, et a obtenu un commencement de cicatrisation du 3e au 5e jour. Dans un cas de congélation des deux pieds, les membres étant tuméfiés, rouge violacé, couverts de phlyctènes et très douloureux, le même traitement amena la cessation des douleurs après la 10e séance, la diminution de l'enflure à partir du 6e jour, et la guérison au bout de quinze jours.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 26 Décembre 1914.

M. **Ed. Retterer** : *Du développement et de la structure du tissu adipeux.* Le tissu adipeux est l'homologue du tissu tendineux ou fibreux et se développe comme ce dernier, avec cette différence que l'hyaloplasma du tissu réticulé, au lieu de produire des fibrilles conjonctives, élabore des grains adipeux qui ne tardent pas à se transformer en gouttelettes graisseuses. — M. **A. Brachet** : *Différenciations spontanées, provoquées et leurs intermédiaires au cours du développement embryonnaire.* Par un ensemble de faits tirés de l'embryologie expérimentale, l'autre montre que : 1° des formations qui, phylogénétiquement, ont pris naissance sous l'influence de causes extérieures à elles-mêmes, apparaissent, dans l'ontogénèse, comme de pures manifestations des propriétés héréditaires de l'embryon; 2° dans des espèces très voisines, un même organe qui, dans l'une, est acquis, c'est-à-dire provoqué, s'édifie spontanément dans une autre. — M. **J. Danysz** : *Essais de chimiothérapie dans la fièvre paratyphoïde expérimentale.* L'auteur a constaté : 1° que les souris, bien que les plus sensibles de tous les animaux, opposent une résistance naturelle relativement considérable à la pénétration des paratyphiques à travers les muqueuses de la bouche et du tube digestif; 2° que cette résistance peut être augmentée d'une façon très appréciable par l'injection de phosphate ou de cacodylate de chaux; 3° que ces produits, qui favorisent la pullulation des microbes *in vitro*, ne peuvent agir qu'en augmentant les moyens de défense de l'organisme et notamment en excitant l'activité phagocytaire des leucocytes. Par le même moyen, on pourrait peut-être diminuer les cas d'infection chez l'homme. — MM. **L. Martin**, **Salimbeni** et **Frasey** : *Essais sur la vaccination des chevaux par la toxine tétanique chauffée.* Les auteurs ont essayé sur le cheval la méthode d'immunisation contre le tétanos préconisée par M. Vaillard pour les petits animaux de laboratoire. Ils injectaient dans la veine, à cinq jours d'intervalle, des doses massives de toxine tétanique chauffée pendant une heure à des températures progressivement décroissantes : 60°, 58°, 56°, 55°. Ils ont pu ainsi obtenir, en trois mois environ (avec le procédé classique : immunisation par des mélanges de toxine et de liqueur de Gram, la vaccination dure cinq mois), une immunisation assez rapide; mais ce procédé est chez le cheval d'une application délicate, et il faut être très prudent lorsqu'on passe de la toxine chauffée au-dessus de 56° aux toxines chauffées au-dessous.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BUCAREST

Séance du 3 Décembre 1914.

M. **G. Marinesco** : *Sur la nature des neurofibrilles.*

L'auteur admet que le réticulum neurofibrillaire est constitué, non par des particules ultramicroscopiques comme le croyait Cajal, mais par des granules amicroniques réunis entre eux par une substance visqueuse et associés en colonies linéaires, soit épaisses (filaments primaires), soit fines et pâles (trabécules secondaires). La tension superficielle, les oscillations de la pression osmotique, les variations de température, les altérations du métabolisme intracellulaire et d'autres nombreuses influences provoqueraient des variations dans l'arrangement colonial des neurobiones, lesquels laissent parfois les filaments secondaires pour s'accumuler dans les filaments primaires.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 4 Décembre 1914.

M. **Félix Michaud** : *Interprétation concrète des potentiels thermodynamiques.* Il est facile de réaliser une paroi imperméable à la matière, perméable à la chaleur. Une plaque métallique étanche suffit. Dans le cas où les transformations sont réversibles, l'entropie se conserve au même titre que la masse d'un constituant déterminé et l'on peut dire qu'on a réalisé une paroi perméable à l'entropie, imperméable à la matière. Inversement on peut concevoir une paroi perméable à la matière, imperméable à l'entropie. Le principe de Nernst, joint au fait expérimental que les chaleurs spécifiques sont nulles au zéro absolu, conduit à cette conclusion, déjà formulée par Planck, qu'au zéro absolu l'entropie d'un corps est nulle. Si l'on conçoit alors un ensemble de deux parois parallèles imperméables à la chaleur contenant entre elles une machine frigorifique réversible, on a réalisé un ensemble qui fonctionne comme une paroi perméable à la matière, imperméable à l'entropie, à la condition toutefois que : 1° le travail correspondant à l'extraction de la matière chaude à travers des fenêtres pratiquées dans la paroi qui se trouve du côté du système ; 2° le travail correspondant à l'expulsion de la matière froide à travers des fenêtres pratiquées dans l'autre paroi ; 3° le travail nécessaire pour refroidir, au moyen de la machine frigorifique, la matière extraite jusqu'au zéro absolu, et refouler toute son entropie dans le système, forment un travail total algébriquement nul. Mais on peut toujours faire qu'il en soit ainsi en réglant convenablement la pression exercée sur la matière froide rejetée. Le calcul montre alors que cette pression d'équilibre mesure le potentiel thermodynamique du système. La notion de potentiel chimique d'un composant est susceptible d'une interprétation analogue. Les conceptions précédentes rendent intuitives les propriétés des potentiels thermodynamiques. Pour les considérer comme absolument générales, il est nécessaire d'admettre qu'au zéro absolu le seul état possible de la matière est l'état solide, mais le fait que tous les gaz sont liquéfiables et même solidifiables tend à prouver qu'il en est très probablement ainsi. — M. **A. Cotton** : *Appareil pour la comparaison des électro-aimants employés pour l'extraction des fragments de métaux magnétiques dans l'organisme, particulièrement dans l'œil.* Les oculistes utilisent assez souvent des électro-aimants, de divers modèles, pour extraire de l'œil des fragments de fer. M. le Dr Bazy, chirurgien en chef de l'hôpital Beaujon, et, indépendamment de lui, le Dr Rollet, de Lyon, ont cherché à utiliser l'électro-aimant à l'extraction des éclats d'obus ou même des balles allemandes (dont l'enveloppe seule est magnétique). A la demande du Dr Bazy, MM. Weiss et Cotton avaient installé, à l'hôpital auxiliaire de la rue Oudinot, un électro-aimant destiné à de tels essais. A cette occasion, M. Cotton a cherché un procédé permettant de comparer rapidement, à ce point de vue, des instruments variés ou des dispositions différentes de pièces polaires. Le plus simple est de mesurer directement la force qui s'exerce sur un petit objet déterminé, de fer ou de nickel, placé à des distances connues du pôle attirant. On adoptera pour ce *test objet* une forme géométrique simple, telle qu'il n'existe pas, en outre, un couple tendant à l'orienter : la forme sphérique est tout indiquée. L'appareil à mesurer est constitué, en principe, par un pendule dont la déviation par rapport à la verticale permet de trouver aisément le rapport (plus grand ou plus petit que l'unité) entre la force à mesurer et un poids connu. L'objet attiré est une petite bille sphérique (bille d'acier pour bicyclette, employée après recuit) qui est fixée au milieu d'un tube de laiton non magnétique (par exemple, le tube est coupé en deux et l'on soude la bille entre les deux moitiés rapprochées coaxialement). Le tube est attaché à ses deux bouts, par des fils égaux, à un support fixe horizontal, de sorte que le tube de laiton, avec la bille qui lui est fixée en son milieu, est lui-même horizontal. A ce tube est suspendu, d'autre part, un plateau dans lequel on mettra des poids marqués. Entre la bille et le pôle de l'aimant, on fixe une cale d'épaisseur connue. On excite l'électro-aimant, la bille vient toucher la cale et le pendule est dévié de la verticale. On ajoute alors, en évitant les secousses, des poids sur le plateau inférieur jusqu'à ce que la bille ne puisse rester au contact de la cale et que le pendule retombe. Avec un électro-aimant de 10 centimètres de diamètre de noyaux, où l'on dépensait 1,2 kilowatt, dont un seul noyau était muni d'une pièce polaire conique (pourvue d'une petite facette terminale), l'autre noyau percé d'un trou cylindrique en restant dépourvu, la force est plus de mille fois le poids de la bille lorsque le contact a lieu ; mais cette force décroît très vite à mesure qu'on s'écarte du pôle. Les valeurs trouvées expliquent que l'on ne puisse utiliser ces forces, sauf dans des cas particuliers, à l'*extraction* directe des éclats d'obus : la place de ceux-ci, lorsqu'ils ne sont pas très profonds, est bien indiquée par un soulèvement visible de la peau qui se produit lorsque le courant est lancé dans l'électro-aimant, mais les forces en jeu sont trop faibles, avec les instruments employés jusqu'ici, pour que le fragment puisse traverser des épaisseurs un peu notables de tissus musculaires, beaucoup plus résistants que ceux que l'on rencontre en Chirurgie oculaire. — M. **Cotton** présente ensuite une expérience de cours se rapportant à *la disparition rapide du ferromagnétisme du fer à la température du rouge.* On se sert encore d'un pendule : il est formé d'un long tube d'aluminium portant à son extrémité inférieure, au bout d'un fil de platine recourbé, une plaque de tôle, et vers le haut une plaque de métal munie de trois pointes. Deux de ces pointes reposent dans deux crapaudines fixes et définissent l'axe d'oscillation ; la troisième sert de butoir et limite l'amplitude des oscillations possibles. On approche un pôle d'aimant de façon que la lame de fer soit attirée et que le butoir l'empêche d'approcher davantage. La flamme d'un gros brûleur Meker est alors disposée de façon à envelopper complètement la lame dans la position, la plus voisine du pôle attirant, qu'elle occupe à ce moment. Le pendule retombe, la lame se refroidit, est attirée à nouveau, etc. Les oscillations se maintiennent ainsi, malgré les frottements, aussi longtemps qu'on le veut, et l'on voit ainsi qu'on peut effectivement utiliser cette propriété du fer pour réaliser un moteur (Edison), moteur bien peu puissant sans doute, mais dont le principe est intéressant. On ne peut, en effet, expliquer le fonctionnement qu'en admettant que la chaleur absorbée par le fer dans la source chaude située dans le champ est plus grande que celle qu'il restitue lorsqu'il se refroidit loin du pôle de l'aimant, autrement dit : *la chaleur spécifique du fer augmente lorsqu'on place ce métal dans un champ magnétique.*

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 18 Décembre 1914.

M. **Louis Ancel** : *Sur une variété de sélénium particulièrement sensible à la lumière. Application à la construction de cellules pour photométrie.* L'auteur

expose les résultats qu'il a obtenus dans l'étude du sélénium au point de vue de son emploi en photométrie pour l'étude de diverses radiations. L'action combinée de la chaleur et de la pression permet d'obtenir une variété de sélénium particulièrement sensible à la lumière, et dont l'*inertie* est extrêmement réduite lorsque les supports métalliques conducteurs sont judicieusement choisis et suffisamment rapprochés. D'après l'auteur, il se forme, au moment de l'étendage du sélénium par son procédé, une très faible quantité de séléniure métallique, qui semble jouer le rôle de *sensibilisateur*. L'examen de la courbe photométrique obtenue lors de l'éclipse du 17 avril 1912 permet, en effet, de constater la grande sensibilité et le peu d'inertie de ces nouvelles cellules. Elles paraissent pouvoir convenir, non seulement aux observations photométriques du domaine de l'astronomie, mais encore à l'étude photométrique des rayons X ou du rayonnement des substances radioactives. Mais, comme ces cellules sont aussi très sensibles aux radiations calorifiques, il est bon de les soustraire aux variations de température et d'opérer toujours dans les mêmes conditions lorsqu'on fait des mesures d'ordre photométrique. Les résultats encourageants obtenus par l'auteur dans cette voie l'ont engagé à poursuivre ses recherches dans le but de perfectionner encore cette méthode. — **M. M. Tiffeneau** : *Action de l'anhydride acétique sur les alcaloïdes morphiniques.* L'auteur déduit, en particulier de ses études sur la thébaïne, qu'on peut, au point de vue de leur aptitude à subir une ou deux ruptures par l'anhydride acétique, diviser les alcaloïdes morphiniques en deux groupes : I. *Alcaloïdes isoquinoléiques* (apomorphine, morphothébaïne); chez ceux-ci, l'anhydride provoque exclusivement une rupture à l'azote et leur noyau phénanthrénique conserve cet azote (à l'état d'amine). II. *Alcaloïdes non isoquinoléiques*, dont la réactivité dépend de leur état d'hydrogénation : les alcaloïdes tétrahydrocycliques (morphine, codéine, etc.) ne subissent aucune rupture; pour les dihydrocycliques, qui comprennent aussi les tétrahydrocycliques capables de devenir dihydro par énolisation, deux cas se présentent suivant qu'ils possèdent ou non un oxygène pontal; quand celui-ci manque (thébaïnone, phénylthébaïne), l'anhydride ne provoque aucune rupture; quand cet oxygène pontal existe (thébaïonne, codéinone, pseudo-codéinone), il y a à chaud scission azotée, puis carbonée, en même temps qu'il se produit une rupture du pont oxygéné. — **M. A. Granger** : *Sur la purification de l'oxyde de cobalt du commerce.* L'auteur communique le résultat de ses recherches poursuivies dans le but de trouver un mode de purification de l'oxyde de cobalt du commerce. Il donne les raisons qui lui ont fait adopter le procédé de l'azotite et indique comment l'opération doit être conduite pour être économique et s'effectuer dans de bonnes conditions.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 13 Novembre 1914.

M. D. Owen : *Un pont pour la mesure des selfinductions.* L'auteur propose une méthode basée sur l'emploi d'un pont à courant alternatif pour la détermination de la self-induction en fonction de la capacité et de la résistance. L'inductance L est donnée par la relation $L = K_3 r_1 R$; il est également nécessaire pour balancer le pont de satisfaire la condition $K_3 r_1 = K_4 r_3$. Les deux conditions d'équilibre peuvent être réalisées en pratique sans interférer mutuellement. La possibilité d'obtenir l'équilibre n'est pas limitée par la valeur inconnue de L. La méthode est indépendante de la fréquence; il n'est pas nécessaire non plus d'employer un voltage sinusoïdal pur. La sensibilité du pont reste élevée sur un grand intervalle de fréquence (100 à 1.000 vibrations). Les effets de l'inductance résiduelle dans les bobines de résistance et les plombs et de l'absorption dans les condensateurs peuvent être simplement corrigés, la formule devenant $L = K_3 r_1 (R - R_0)$. Avec la même paire de condensateurs, on peut effectuer des mesures depuis 1 microhenry. Pour les inductances de l'ordre de 10 microhenrys, l'erreur ne dépasse pas quelques millièmes; pour les inductances de quelques millihenrys, elle tombe à 1/10.000. — **M. B. W. Clack** : *Sur le coefficient de diffusion dans les solutions diluées.* L'auteur décrit une modification de son appareil pour déterminer le coefficient de diffusion des sels dans l'eau, par laquelle l'état stable est hâté. Le large tube simple employé d'abord est remplacé par une batterie de tubes plus courts et plus étroits. L'auteur donne les résultats obtenus avec KCl, KNO^3 et NaCl pour diverses concentrations jusqu'aux solutions très diluées.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Communications reçues pendant les vacances (fin).

M. E. Newbery : *Le survoltage.* L'auteur montre que, pendant l'électrolyse d'une solution acide avec des électrodes métalliques, le gaz, avant libération, pénètre la surface du métal et la laisse ouverte en se dégageant. En présence d'un colloïde, une partie pénètre dans le métal avec le gaz. La présence d'un colloïde dans tous les cas élève le survoltage d'hydrogène d'un métal et diminue le degré d'ionisation du gaz libéré. Le survoltage d'un métal est déterminé par trois facteurs : 1° la sursaturation des électrodes par le gaz à l'état moléculaire, l'accumulation de ce gaz résultant de la perméabilité du métal aux ions et de l'incapacité du gaz libre de s'échapper sinon par solution ou rupture de la surface métallique; 2° le défaut ou l'excès d'ions non hydratés au voisinage immédiat des électrodes; 3° l'action inductive du gaz ionisé libéré sur les électrodes. Dans certaines conditions, le troisième facteur est assez puissant pour réduire le survoltage mesuré d'un métal à une quantité négative. — **M. D. Tyrer** : *Les compressibilités adiabatique et isotherme des liquides entre 1 et 2 atmosphères de pression.* Au moyen de sa méthode, modifiée et perfectionnée, l'auteur a fait des mesures sur divers liquides dans un grand intervalle de températures. De ces résultats, la valeur de la compressibilité isotherme ordinaire β a été calculée au moyen de l'équation thermodynamique :

$$\beta = \alpha + \frac{T(dv/dt)^2}{Jv\,C_p},$$

où α est la compressibilité adiabatique, v le volume spécifique, J l'équivalent mécanique de la chaleur et C_p la chaleur spécifique à pression constante. On a fait également des déterminations exactes du volume spécifique à diverses températures pour en déduire les valeurs de dv/dt employées dans l'équation ci-dessus. L'auteur a reconnu que les résultats de chercheurs antérieurs, comme Quincke et Grassi, sont en réalité adiabatiques, et non isothermes comme ils le supposaient. — **M. R. Ch. Ray** : *Le borure de magnésium et le bore amorphe.* Le bore amorphe a été préparé en chauffant dans un courant d'H un mélange de Mg et de B^2O^3 ou de borax fondu en proportions variables. Après avoir débarrassé le mélange chauffé de ses impuretés, et après avoir lavé le résidu, puis l'avoir séché dans le vide, on obtient une poudre gris rouge. Ce prétendu bore amorphe contient toujours beaucoup d'oxygène, ce qui confirme les expériences de Weintraub. C'est probablement une solution dans le bore élémentaire d'un oxyde inférieur de bore et d'oxyde de magnésium, peut-être en combinaison à l'état de borite. Le bore ne peut être obtenu à l'état avoisinant la pureté que sous une seule forme, celle de substance cristalline presque insoluble dans l'acide nitrique. En chauffant le bore cristallisé avec le magnésium, il n'y a pas de réaction. Quand on chauffe un mélange de 1 partie de B^2O^3 avec 2 part. 1/4 de Mg en poudre au rouge dans un courant d'H pendant quarante-cinq minutes, on obtient un mélange de Mg^3B^2 et d'oxyde. Ce

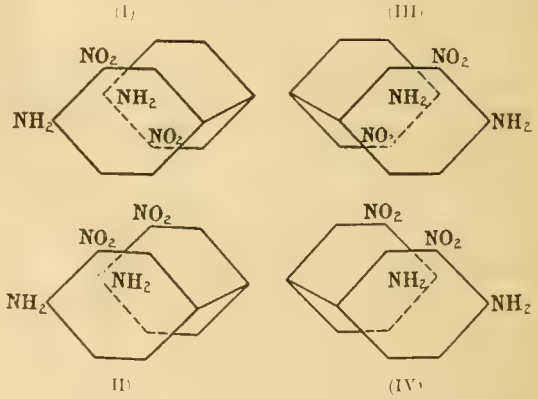
borure est le seul qui se forme au rouge sous pression normale. — MM. H. B. Baker et W. H. Watson : *Le poids atomique du mercure.* Hg a été converti en $HgBr^2$ par traitement direct avec Br liquide, l'excès de ce dernier étant éloigné par chauffage à 70°-80° dans un courant d'air sec. Une trace de brome adsorbé restant dans le produit pesé est éliminée par fusion et déterminée par passage dans une solution de KI et titrage avec le thiosulfate N/10. Neuf expériences ont donné des résultats variant de 200,50 à 200,62, avec une moyenne de 200,57 ± 0,008. — MM. M. J. Burgess et R. V. Wheeler : *Limites d'inflammabilité de mélanges de méthane et d'air.* Voici les différentes limites d'inflammabilité des mélanges de méthane et d'air, suivant la direction dans laquelle la flamme se propage :

	MÉTHANE %	
	limite inférieure	limite supérieure
Inflammation centrale dans un grand globe	5,6	14,8
Tube vertical clos aux deux extrémités :		
a) Allumage au bas	5,4	14,8
b) Allumage au haut.	6,0	13,4
Tube horizontal clos aux deux extrémités :		
Allumage à un bout	5,4 à 5,6	14,3

— MM. M. J. Burgess et R. V. Wheeler : *La propagation de la flamme dans les mélanges limites de méthane, oxygène et azote.* Les auteurs ont fait une série de déterminations des quantités de méthane requises pour former des mélanges-limites avec diverses atmosphères comprises entre l'air et un mélange d'air et N contenant 13,45 °/₀ d'O :

ATMOSPHÈRE		MÉTHANE %	
oxygène	azote	limite infér.	limite supér.
20,90	79,10	5,60	14,82
19,22	80,78	—	12,93
18,30	81,70	—	11,91
17,00	83,00	5,80	10,55
15,82	84,18	5,83	8,96
14,86	85,14	6,15	8,36
13,90	86,10	6,35	7,26
13,45	86,55	6,50	6,70
13,25	86,75	Aucun mélange inflammable.	

Les analyses des gaz brûlés montrent une relation régulière entre les rapports O^2/CH^4 dans les mélanges originaux et les proportions de méthane qui brûlent complètement pour former CO^2 et H^2O. Il est probable que la réaction essentielle de la propagation de la flamme dans les mélanges-limites est : $CH^4 + O^2 = CO + H^2 + H^2O$. Dans ces conditions, la chaleur dégagée Q et la chaleur perdue *q* sont pratiquement proportionnelles, la dernière étant en moyenne de 35 °/₀ de la chaleur totale dégagée pour chaque mélange. — M. R. V. Wheeler : *La propagation de la flamme dans les mélanges de méthane et d'air. Le mouvement uniforme.* L'auteur a répété les déterminations de Mallard et Le Chatelier de la vitesse de propagation de la flamme pendant le « mouvement uniforme » dans les mélanges de méthane et d'air et les a trouvées incorrectes, surtout parce que le méthane employé, préparé avec de l'acétate de sodium, était très impur. La courbe obtenue en portant les vitesses en ordonnées et les °/₀ de méthane en abscisses montre qu'il n'y a pratiquement aucune différence entre les vitesses atteintes dans des mélanges contenant 9,4 à 10,5 °/₀ de méthane; de chaque côté de ces pourcentages, les vitesses diminuent régulièrement, mais près des limites inférieure et supérieure d'inflammabilité la courbe s'aplanit davantage vers la limite supérieure, en devenant enfin presque horizontale. La vitesse de propagation de la flamme est uniforme dans tout l'intervalle des mélanges-limites qui contiennent 5,4 et 14,3 °/₀ de méthane (propagation horizontale) et égale pour les deux. — M. H. King : *Possibilité d'un nouveau cas d'activité optique sans atome de carbone asymétrique.* On sait que Cain et ses collaborateurs ont découvert deux *o*-dinitrobenzidines, deux *o*- et quatre *m*-dinitro-*o*-tolidines, et qu'ils expliquent l'existence de ces isomères par la formule spatiale du diphényle de Kaufler. Ainsi les deux *o*-dinitrobenzidines sont représentées par les configurations (I) et (II), où les deux plans des noyaux benzéniques sont superposés, mais non nécessairement parallèles ; l'isomérisme est attribué à la non-rotation d'un des noyaux benzéniques, et les auteurs n'ont pu, en effet, convertir les deux isomères l'un dans l'autre. L'auteur estime que chacune de ces paires d'isomères présente un



nouvel exemple du type centro-asymétrique de composé énantiomorphe capable de résolution en ses constituants optiquement actifs. Cette possibilité résulte de l'examen visuel de la configuration de la 3:5'-dinitrobenzidine et de son image en miroir (II et IV); ces configurations ne sont pas identiques, en ce qu'elles ne sont pas superposables. La 3:5'-dinitrobenzidine doit donc être capable de résolution en ses isomères optiquement actifs. Par contre, la 3:3'-dinitrobenzidine (I) est identique avec son image en miroir (III); elle n'est donc pas résoluble. — Mlle G. M. Robinson : *Une réaction de l'alcool homopipéronylique et de l'alcool hémovératrylique.* L'auteur a observé que l'alcool homopipéronylique est très sensible à l'action des acides, qui le convertissent en un dérivé dihydro-anthracénique insoluble. L'alcool homovératrylique, dans les mêmes conditions, fournit une substance définie, le 2:3:6:7- tétraméthoxydihydroanthracène, cristallisant du benzène en aiguilles incolores, F. 227°; on l'obtient également en condensant le vératrol avec l'aldéhyde formique en présence d'H^2SO^4 à 60 °/₀. La déméthylation par HI bouillant, suivie de la distillation du produit avec la poudre de Zn, fournit le 9:10-dihydroanthracène, tandis que l'oxydation par chauffage avec PbO^2 fournit le 2:3:6:7-tétraméthoxyanthracène, F. 173°. L'oxydation ultérieure de ce dernier par l'acide nitrique conduit à des dérivés du 3:4:3':4'-tétraméthoxydiphénylméthane.

L. B.

Le Gérant: A. Maretheux.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

26e ANNÉE N° 3 15 FÉVRIER 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Léon Vaillant. — Le Professeur Léon Vaillant, qui vient de mourir récemment, a occupé pendant trente-cinq années, au Muséum national d'Histoire naturelle, la chaire de Zoologie des Reptiles, Batraciens et Poissons (Herpétologie et Ichthyologie). Il y succéda à Auguste Duméril, mort en 1870, pendant le siège de Paris.

Léon Vaillant commença sa carrière scientifique par de sérieuses études anatomiques et médicales. Il soutint en 1861 sa thèse de médecine sur le système pileux de l'homme, et s'occupa ensuite de Zoologie. Il fit un voyage en Egypte, dont il rapporta les matériaux d'une thèse de Doctorat ès-sciences naturelles sur les *Tridacnes*, Mollusques géants vulgairement désignés par le terme de *Bénitiers* (1865). Ce travail lui valut de l'Académie des Sciences, en 1867, le prix Bordin, et le désigna pour enseigner la Zoologie à la Faculté des Sciences de Montpellier. Il n'habita sa nouvelle résidence que pendant deux années, ne tarda pas à revenir à Paris comme Répétiteur à l'Ecole des Hautes études, obtint en 1870 un nouveau prix de l'Institut, et fut nommé Professeur au Muséum en 1875.

A dater de cette époque, Léon Vaillant se spécialisa dans l'étude des animaux auxquels sa chaire était consacrée. Il installa dans les nouvelles Galeries de Zoologie les considérables et précieuses collections dont la direction lui incombait. Il fit partie de la Commission embarquée sur le *Travailleur* et le *Talisman*, en 1881 et 1882, pour l'exploration des grandes profondeurs de l'Océan Atlantique. Observateur infatigable et laborieux, il publia de nombreux travaux justement appréciés. On cite de lui, parmi les plus importants, ceux qu'il écrivit sur les Reptiles du Mexique et de Madagascar, sur les Poissons d'Amérique et d'Extrême-Orient, et principalement sur les Poissons des grands fonds océaniques. Son nom figure en excellente place parmi ceux des naturalistes qui ont fait connaître les espèces remarquables, et parfois étranges, qui peuplent les abîmes marins.

Mis à la retraite en 1910 et nommé professeur honoraire, il cessa d'enseigner et d'administrer les collections, mais ne cessa point d'étudier. Malgré son grand âge, il continua, comme par le passé, à partager chacune de ses journées entre son cabinet de travail et son laboratoire. C'est là que vint le surprendre, à 81 ans, une mort hâtée par les angoisses intimes que lui causaient la guerre actuelle, où l'un de ses fils, officier de cavalerie, fut tué à l'ennemi vers la fin du mois d'août, tandis qu'un autre, médecin-major, obtenait la croix de la Légion d'honneur sur le champ de bataille. Sa longue carrière scientifique au Muséum laissera un durable souvenir. Le professeur Léon Vaillant était officier de la Légion d'Honneur.

Louis Roule,
Professeur au Muséum national d'Histoire naturelle.

Quelques savants anglais récemment décédés : Gill, Poynting, Minchin, Swan, Burch. — L'Angleterre a perdu, au cours de l'année dernière, plusieurs savants éminents, auxquels les circonstances nous ont empêché de consacrer plus tôt des notices nécrologiques. A la dernière séance annuelle de la Société Royale de Londres, le Président, Sir William Crookes, a évoqué leur souvenir; nous sommes heureux de pouvoir reproduire ici quelques-unes de ses paroles :

« Sir *David Gill*, le plus grand astronome praticien de notre époque et un travailleur scientifique à l'idéal particulièrement élevé, s'est éteint à Londres au commencement de l'année après une longue maladie. Son œuvre comme Astronome royal au Cap de Bonne Espérance lui a valu une grande renommée. Son énergie était surabondante et son enthousiasme sans limite. Par ses efforts, l'Observatoire du Cap est devenu l'un des premiers observatoires du monde. Il y attira un groupe habile de travailleurs, qui poursuivirent sous sa direction des recherches de valeur ; il a inspiré aussi d'autres astronomes plus jeunes. Son amour du travail exact, son habileté mécanique qui lui permit d'éliminer de très faibles erreurs systématiques, ont fait de son travail sur les parallaxes à l'aide de l'héliomètre un des sommets de l'astronomie pratique. Ses recherches se dirigèrent aussi vers les grands problèmes astronomiques, qu'il attaqua avec entrain et persévérance.

L'œuvre géodésique qu'il a dirigée peut se comparer

avec les grands travaux de la Russie et des Indes. Son *History and Description of the Royal Observatory, Cape of Good Hope* est un témoin remarquable de son merveilleux pouvoir d'organisation, de sa détermination extraordinaire pour surmonter les difficultés et de sa confiance en soi, pleinement justifiée par le succès de ses projets. Ses recherches les plus connues portent sur les parallaxes stellaires et solaire et sur la détermination de la masse de la Lune et de Jupiter. Sa simplicité et sa forte personnalité lui avaient gagné de nombreux amis et admirateurs, qui le pleurent sincèrement.

« La mort de *J. H. Poynting* a privé la science d'un physicien dont l'œuvre est difficile à apprécier en quelques mots. Professeur de Physique à l'Université de Birmingham depuis 1880 et membre de la Société Royale de Londres depuis 1888, il en fut président en 1905 et il reçut de cette société l'une des médailles Royales pour ses recherches de Physique, spécialement sur la constante de la gravitation et les théories de l'Electrodynamique et de la radiation. Sa détermination de la constante newtonienne par le procédé dit de « la pesée de la Terre » date de 1891. Le théorème qui porte son nom et qui relie le mouvement mécanique avec les forces électriques et magnétiques est une généralisation fondamentale, et son œuvre, à la fois théorique et expérimentale, sur la pression de radiation n'est guère moins importante. Il prouva qu'un faisceau lumineux se comporte sous tous les rapports comme un flux de moment, et il développa une méthode pour déterminer la température absolue du Soleil, des planètes et de l'espace. Il est l'auteur d'une série bien connue de traités de Physique, écrits en collaboration avec Sir J. J. Thomson, et il a aussi écrit quelques ouvrages populaires intéressants sur des sujets scientifiques. C'était un homme d'une charmante personnalité et d'une originalité remarquable.

« *G. M. Minchin* a été un homme d'une grande versatilité et qui s'est fait un renom dans plus d'une branche des connaissances naturelles. D'abord professeur de Mathématiques au Collège d'ingénieurs de Cooper's Hill, il écrivit, dans un style clair et graphique, plusieurs ouvrages originaux et très employés sur la Statique, la Cinématique et l'Hydrostatique. C'était d'ailleurs un maître de la plume, à la fois en prose et en vers. Son œuvre fondamentale sur la photo-électricité et les piles à sélénium commence en 1877, où il découvrit la production de courants électriques par l'action de la lumière sur des plaques d'argent couvertes d'émulsions de bromure ou d'autres sels du même métal; ces piles, qu'il nomma « piles d'impulsion », car leur sensibilité à la lumière est altérée par de simples impulsions ou chocs, renfermaient en germe le principe du cohéreur employé plus tard pour la réception des ondes hertziennes. Il observa ensuite que des résultats analogues peuvent être obtenus en employant deux fils d'aluminium recouverts de sélénium et plongés dans certaines solutions. En 1908, il décrivit de nouvelles formes de piles photo-électriques et ses « ponts en séléno-aluminium », consistant en deux plaques d'aluminium séparées par une mince écaille de mica et portant une couche de sélénium sensible entre une extrémité du mica et les portions adjacentes des plaques d'aluminium. Il employa ces piles pour obtenir des f. é. m. mesurables avec la lumière des étoiles, et il détermina ainsi l'intensité lumineuse relative de quelques étoiles fixes et planètes. Les résultats de ses recherches concordent pleinement avec ceux des mesures photométriques des grandeurs stellaires.

« Sir *J. W. Swan*, mort à 86 ans, était un esprit d'une extraordinaire fertilité d'invention, en même temps qu'un homme d'affaires de grande capacité, — combinaison fortunée, mais peu commune, de qualités. Sa jeunesse fut consacrée surtout aux recherches photographiques. Il découvrit en 1862 le premier procédé pratique d'impression au carbone, puis la méthode de préparation des plaques sèches extra-rapides, qui révolutionna la photographie; enfin il inventa le procédé d'impression au bromure. Il se tourna ensuite vers les applications de l'électricité à l'éclairage. Déjà en 1860, il avait construit une lampe électrique à incandescence à filament de carbone; il la perfectionna plus tard et arriva à la forme qui, jusqu'à ces dernières années, était d'un usage général. Il découvrit une méthode de dépôt rapide du cuivre et perfectionna aussi la construction des batteries d'accumulateurs. Par ses découvertes et inventions, Sir J. Swan a fait grandement bénéficier ce que nous appelons peut-être par erreur la « civilisation »; la valeur pratique de ses recherches, surtout dans les applications de l'électricité, est sans égale dans l'histoire de la science.

« Le Dr *G. J. Burch* fut d'abord professeur de Physique à l'University College de Reading, puis « lecturer » à l'Université d'Oxford. Ses premières recherches portèrent sur l'électrophysiologie; il découvrit une méthode d'analyse des courbes de l'électromètre. Plus tard il se consacra à l'étude de la physiologie de la vision; il a publié un intéressant mémorandum sur les essais visuels, ainsi qu'un livre décrivant les travaux pratiques faits sous sa direction au Laboratoire de Physiologie d'Oxford, et plein d'essais et d'exercices vraiment originaux. Sa connaissance de la physiologie visuelle était unique, et il obtint les succès les plus grands dans le sujet dont il avait fait sa spécialité. Dans la poursuite de ses recherches, il n'épargnait ni son énergie, ni sa peine; pour étudier la cécité colorée, il se rendit temporairement aveugle pour les couleurs en exposant ses yeux à la lumière solaire au foyer d'une lentille derrière différents verres colorés. »

Sir W. Crookes.

§ 2. — Art de l'Ingénieur

Les projecteurs lumineux en temps de guerre. — L'*Illuminating Engineering Society*, de Londres, avait mis ce sujet à l'ordre du jour de sa séance du 19 janvier dernier; il a été introduit par M. P. G. Ledger, dont la communication a été suivie d'une discussion animée. Nous empruntons à notre confrère *Engineering* quelques renseignements sur cette intéressante séance[1].

M. Ledger fait d'abord une distinction nette entre les feux destinés à être visibles d'une grande distance et à servir de guides, et les projecteurs destinés à illuminer et à révéler des objets éloignés. Les traits essentiels d'un projecteur sont une source de grande luminosité intrinsèque et de petites dimensions. Théoriquement, il faut employer une source ponctuelle pour obtenir un faisceau parallèle; mais, dans la pratique, des faisceaux divergeant de moins de 2° ou 3° ne sont pas désirables, parce que l'exploration d'une région donnée prendrait beaucoup trop de temps. Ces conditions restreignent presque l'emploi des diverses sources lumineuses à celui de l'arc électrique, tandis que pour les projecteurs de locomotives et d'automobiles on peut utiliser les lampes à incandescence ou l'éclairage oxy-acétylénique. L'arc est généralement placé au foyer du miroir, le cratère positif qui émet la plus grande portion de lumière faisant face au miroir dans le dispositif moderne qui favorise les charbons horizontaux. Dans les types antérieurs, les charbons étaient inclinés, et c'est toujours le cas pour certains petits modèles de projecteurs.

Les projecteurs ont commencé à être utilisés pendant la guerre de 1870-1871 par les deux belligérants. Un faisceau parallèle nécessitait un miroir parabolique en verre ou en métal. Mangin a remplacé ce miroir en taillant les deux surfaces de verre avec deux rayons différents; mais l'inégale épaisseur du verre a rendu ces miroirs sujets aux fêlures et a introduit des couleurs prismatiques dans le faisceau. Aujourd'hui des machines polissent les miroirs paraboliques à un prix

1. *Engineering*, t. XCIX, n° 2560 (22 janv. 1915).

modéré; c'est le principal perfectionnement dans la construction des projecteurs. L'adoption d'obturateurs iris a permis de rendre la lampe invisible sans interrompre l'arc.

La puissance en bougies est difficile à déterminer, pour plusieurs raisons, et il est préférable de mesurer le flux total de lumière. La portée d'un projecteur est une quantité encore plus difficile à apprécier; elle varie suivant les régions et l'état de l'atmosphère. D'après une formule de Nerz, le rayon d'action d'un projecteur serait proportionnel à la racine carrée du diamètre du miroir et à la racine quatrième de la luminosité intrinsèque. Approximativement, un projecteur utilisant un courant de 150 ampères porte jusqu'à 9.000 mètres[1].

Jusqu'à une époque récente, les projecteurs n'ont été employés qu'horizontalement ou suivant une faible inclinaison. L'apparition des navires aériens a obligé les projecteurs à opérer verticalement vers le haut ou vers le bas. Pour la projection en l'air, la cage du projecteur doit pouvoir recevoir toutes les inclinaisons; mais, dans ce cas, des particules tombant du charbon incandescent peuvent endommager le miroir. On peut obvier à cet inconvénient en remplaçant le miroir derrière l'arc par une lentille placée en avant. Le faisceau peut aussi être réfléchi par un grand miroir incliné à 45° et capable de rotation dans tous les plans.

L'absorption atmosphérique étant particulièrement élevée pour la lumière bleue, on rend quelquefois le faisceau jaune ou rouge, au moyen d'un miroir rouge, ou d'un écran rouge devant la lumière, ou en employant des charbons imprégnés. D'autres améliorations pourraient être réalisées en augmentant la luminosité de l'arc, mais il y a une limite: jusqu'à 5 kw. la puissance en bougies augmente avec le courant, mais au-dessus le gain est très faible. Le charbon négatif obstrue l'émission lumineuse du cratère positif, spécialement avec l'arc long habituel, et pour cette raison et d'autres, le charbon négatif a été rendu plus mince, les diamètres des charbons, pour une lampe utilisant un courant de 100 ampères, étant d'environ 13 et 27 mm. L'arc est rendu tranquille au moyen d'un souffleur magnétique.

Les derniers perfectionnements concernent surtout le montage et le démontage rapides du projecteur et la facilité de ses opérations. Le fonctionnement doit être contrôlé à une certaine distance, pour prévenir l'éblouissement de l'œil; pour cette raison, l'officier observe généralement à travers un télescope joint au projecteur.

Dans l'échange d'observations qui a suivi, M. J. Eck a attiré l'attention sur un type de projecteur qui a été essayé l'année dernière par la Marine des Etats-Unis[2]. Les charbons de la lampe Beck ont 15 et 11 mm. de diamètre pour un courant de 150 ampères (qui nécessite dans les types usuels des charbons de 38 et 16 mm.); ils sont placés à angle obtus et constamment mis en rotation par des leviers reliés au moteur qui alimente le projecteur. L'arc est coloré par des vapeurs d'alcool méthylique, engendrées dans une sorte de carburateur par le courant de la lampe. Le cratère positif peut être centré exactement, et l'intensité de la flamme d'alcool, qui forme un nuage lumineux au-dessus du cratère, est trop faible pour troubler le centrage du cratère de l'arc. Les charbons sont protégés, excepté aux extrémités, et le charbon négatif brûle moins rapidement que dans les autres arcs; le charbon positif brûle à raison de 250 mm. par heure, mais il peut être remplacé en quelques secondes. Des courbes polaires de puissance en bougies, prises à des distances de 6.800 et 27.550 pieds, ont montré que l'éclairage donné par la nouvelle lampe à ces distances est 4, 2 et 5, 2 fois plus grand que celui qu'on peut obtenir avec les projecteurs ordinaires.

1. Voir, au sujet du calcul de la portée des projecteurs, les récentes communications de M. A. Blondel à l'Académie des Sciences de Paris, séances des 11 et 25 janvier (voir p. 97 et dans notre prochain numéro).

2. *Electrical World*, 21 juillet 1914.

§ 3. — Physique

Les théories actuelles de la gravitation. — « Les progrès de la Physique moderne sont restés à peu près infructueux pour la théorie de la gravitation et cette force universelle est aujourd'hui aussi mystérieuse qu'elle l'était il y a deux siècles. Tandis que d'autres forces physiques, celles de l'électricité et du magnétisme par exemple, dépendent de la nature de la matière et peuvent être soumises à des influences qui en modifient l'intensité et les effets, l'attraction universelle, immuable et intangible, se joue de l'art des expérimentateurs. Le poids d'un corps ne change pas quand la matière qui le compose passe d'un état à un autre, en subissant même les transformations chimiques les plus profondes, et pour tous les corps l'accélération de la chute dans le vide est exactement la même. On n'a jamais découvert la moindre trace d'une influence d'un corps interposé et il faut bien admettre que la gravitation peut passer par la Terre tout entière sans être sensiblement affaiblie. En un mot, on ne peut rien *changer* à la gravité[1]. » Telles sont, magistralement résumées, les connaissances expérimentales que nous avons de la gravitation. Elles sont, comme on voit, très insuffisantes; pas assez pourtant pour décourager la bonne volonté des physiciens qui ont déjà proposé un grand nombre de théories.

Parmi les autres phénomènes physiques, ce sont ceux de l'électricité et du magnétisme qui montrent le plus d'analogies avec la gravitation. Les attractions et les répulsions des corps électrisés et des pôles magnétiques suivent la loi de Newton. Aussi, les mêmes équations peuvent-elles servir pour tous ces phénomènes. Le potentiel de gravitation se définit tout comme le potentiel électrostatique et les mêmes relations de Laplace et de Poisson lui sont applicables. Mais peut-on pousser plus loin l'analogie? On connaît le rôle important joué en électricité par le milieu dans lequel les actions électromagnétiques se propagent avec une vitesse qui est la vitesse de la lumière. La gravitation se produit-elle d'une manière semblable et se propage-t-elle dans l'éther avec une vitesse finie, peut-être égale à celle de la lumière?

Cette question est de première importance, car si l'on pouvait attribuer à la gravité la même vitesse de propagation qu'à la lumière il y aurait un commencement de rapprochement.

H. A. Lorentz[2] a proposé il y a déjà bien des années une « théorie électromagnétique » de la gravitation, qui utilisait les données alors récentes de l'électricité relatives aux électrons. Dans les équations fondamentales de cette théorie, on voit figurer les vitesses qu'ont les particules chargées par rapport à l'éther. Tant que deux électrons sont en repos, leur action mutuelle est donnée par la loi de Coulomb. Mais, dès qu'ils se meuvent, il y a une modification qui dépend des rapports de leurs vitesses à celle de la lumière.

La nouvelle loi d'attraction diffère de la loi de Newton par des termes accessoires qui dépendent du mouvement des corps et qui peuvent être développés en séries suivant les puissances croissantes des rapports $\frac{v_1}{V}$ et $\frac{v_2}{V}$ (v_1 et v_2 désignant les vitesses des deux corps et V celle de la lumière). Les formules obtenues ne contiennent pas de termes du premier degré en $\frac{v_1}{V}$ et $\frac{v_2}{V}$. Comme les termes de degré supérieur au deuxième ont une influence tout à fait négligeable, il reste à tenir compte des termes du second degré.

Une question importante se pose alors: les phénomènes astronomiques nous permettent-ils de modifier ainsi la loi de Newton? Le terme $\frac{v}{V}$ est à peu près $\frac{1}{10.000}$

1. H. A. Lorentz: *Scientia* (juillet 1914).

2. *Proc. Acad. Amsterdam*, t. II, p. 559; 1900.

pour la Terre, $\frac{1}{8.500}$ pour Vénus, et $\frac{1}{6.200}$ pour Mercure. L'influence des termes en $\left(\frac{v}{V}\right)^2$ est toujours extrêmement faible et extrêmement difficile à mettre en évidence. Pour Mercure, on a constaté une variation séculaire de la longitude du périhélie qui ne semble pas attribuable à l'attraction des autres planètes. C'est là un des rares phénomènes qui révèlent un désaccord avec la loi de Newton. Les calculs de Lorentz donnent pour le mouvement séculaire du périhélie 4 secondes, soit environ le dixième du mouvement inexpliqué. Et encore pourrait-on voir dans ce mouvement un effet de l'attraction d'un essaim de petits corps qui entoureraient le Soleil jusqu'à une certaine distance et qu'on fait quelquefois intervenir pour rendre compte de la lumière zodiacale ; la masse qu'il faudrait attribuer à ces corps n'aurait rien d'invraisemblable.

En sorte que la théorie de Lorentz ne reçoit aucune vérification sérieuse. Et son auteur l'a abandonnée sitôt que se sont fait jour les idées sur la relativité émises par Einstein en 1906, dont elle ne tenait pas compte : d'abord, en ce qu'elle faisait intervenir, non seulement le mouvement relatif de la planète par rapport au Soleil, mais aussi le mouvement du système planétaire tout entier par rapport à l'éther ; en second lieu, parce qu'elle n'introduisait pas les modifications dans les lois de la Mécanique que la relativité implique.

Les lecteurs de cette *Revue* connaissent l'origine et la signification du principe de relativité. Nous n'insisterons donc pas là-dessus. Disons simplement quelques mots de la « Mécanique relativiste », dans laquelle quelques-unes des définitions de la Mécanique ordinaire sont modifiées. C'est ainsi que la quantité de mouvement d'un point matériel n'est plus définie par $G = mv$, mais par $G = m\,v / \sqrt{1 - \frac{v^2}{V^2}}$, m étant une constante caractéristique pour le point considéré et indépendante de la vitesse v, et V désignant la vitesse de la lumière ; la direction du vecteur G est celle de la vitesse, et le changement de G par unité de temps mesure la force qui agit sur le point matériel. Pour le travail d'une force, on s'en tient à la définition ordinaire, mais elle conduit à une nouvelle expression de l'énergie cinétique, à savoir :

$$E = mV^2 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{V^2}}.$$

Le coefficient m qui figure dans ces expressions peut être appelé la « masse constante ». Il y a souvent avantage à introduire une « masse variable » M, définie par

$$M = m / \sqrt{1 - \frac{v^2}{V^2}}.$$

La quantité de mouvement est alors $G = Mv$ et l'énergie $E = MV^2 + const.$

Une deuxième théorie de la gravitation, relativiste cette fois, a été développée par Poincaré[1] et Minkowski[2]. Supposons que l'on connaisse la force F_0 avec laquelle un corps A agit sur un corps B quand A est au repos, B ayant une vitesse quelconque ; le principe de relativité permet de calculer la force F pour le cas général où les deux corps se trouvent en mouvement ; on connaîtra d'une manière analogue la force qui agit sur A et on déterminera le mouvement des deux corps en se servant des équations de la mécanique relativiste.

On voit que le problème n'est pas entièrement déterminé, parce que le principe ne nous dit rien de la manière dont la force F_0 dépend de la vitesse du corps B. Si l'on prend pour modèle l'action de deux électrons, on est conduit à admettre qu'elle est indépendante de cette vitesse et qu'elle se réduit à l'attraction newtonienne. En faisant cette hypothèse, M. de Sitter a calculé les variations des éléments des orbites planétaires et a trouvé 7 secondes pour le mouvement séculaire du périhélie de Mercure.

Il importe de remarquer, cette fois, que le résultat n'est pas dû à une modification de la loi de Newton en ce qui concerne la force qui agit sur la planète. En effet, le Soleil, dont la masse est fort supérieure à celle de Mercure, a été considéré comme restant au repos ; si on lui avait supposé une certaine vitesse, le résultat eut été le même, l'essentiel dans la théorie relativiste étant précisément qu'un mouvement d'ensemble des deux corps ne peut avoir aucune influence. Or, d'après ce qu'on vient de dire, pour le cas où le Soleil est en repos la force qui agit sur Mercure se réduit à l'attraction de Newton. En fait, le mouvement du périhélie calculé par M. de Sitter provient entièrement de la nouvelle définition de la *quantité de mouvement*.

La troisième théorie de la gravitation, due à Einstein, se distingue de la précédente en ce que, même pour une planète en repos, elle conduit à une force un peu différente de l'attraction newtonienne. Son point de départ est une conséquence extrêmement remarquable qu'Einstein a déduite du principe de relativité : La formule $E = MV^2 + \text{const.}$ donne immédiatement la relation $\Delta E = V^2 \Delta M$ entre les variations simultanées de l'énergie E et de la masse M d'un point matériel pour le cas où la vitesse vient à changer. Cette relation, qui est générale, s'applique non seulement à un point matériel, mais à un système matériel ou électromagnétique quelconque. Tout changement ΔE de l'énergie entraîne un changement correspondant $\Delta M = \frac{1}{V^2}\Delta E$ de la masse, ce qu'on peut exprimer en disant que l'énergie elle-même possède ou représente une certaine masse.

Le théorème, déjà remarquable en lui-même, le devient encore davantage si on le combine avec la proposition que le poids d'un corps est proportionnel à sa masse. Il faut alors conclure que le poids d'un corps est, comme la masse, d'autant plus grand que son contenu d'énergie est plus considérable. L'énergie, par exemple celle du rayonnement, aura un certain poids.

Aussi bien, dire qu'un point matériel est soumis à une force revient à dire que sa quantité de mouvement change d'un instant à l'autre. Comme cette notion de quantité de mouvement a été étendue aux ondes électromagnétiques, il résulte des considérations précédentes que la vitesse de la lumière ne doit pas être la même aux divers points d'un champ gravifique.

Si u est la vitesse que prend un corps sous l'action des forces de la pesanteur en tombant d'un point P à un point P', les vitesses de la lumière en ces deux points différeront, d'après Einsten, d'environ $\frac{u^2}{2V_0}$, V_0 désignant la vitesse de la lumière en l'absence d'un champ gravifique ; dans un champ uniforme, cette différence sera proportionnelle à la hauteur PP' et, par conséquent, à la variation du potentiel gravifique.

Ceci est la théorie d'Einstein sous sa première forme. Depuis il n'a cessé de la perfectionner et ses efforts ont abouti à une théorie « admirable », publiée il y a peu de temps en collaboration avec M. Grossmann[1]. « Il est vrai, poursuit M. Lorentz, que la beauté de cette doctrine a été obtenue au prix d'une assez grande complication. Dans la théorie définitive d'Einstein, un champ gravifique quelconque est caractérisé, non pas par un seul potentiel, mais par dix grandeurs qui dépendent en général des coordonnées et du temps, et dont les dérivées déterminent tous les effets de la gravitation. On voit que c'est bien compliqué ; mais heureusement les applications se simplifient, un grand nombre de termes étant

1. *Rendiconti d. Cir. mat. d. Palermo*, t. XXI, p. 129 ; 1906.
2. *Göttinger Nachr., Math. physik. Kl.*, p. 53 ; 1908.

1. *Zeitschr. f. Math. u. Phys.*, t. LXII, p. 225 ; 1914.

trop petits pour pouvoir produire des effets observables. Notons aussi que, parmi les grandeurs caractéristiques, il en est une qui prédomine, et qui joue le rôle de l'unique potentiel des anciennes théories et de la vitesse variable de la lumière de la théorie provisoire. »

De ces équations on déduit que la gravitation se propage en l'absence d'un champ gravifique avec la vitesse V_0 qui appartient à la lumière. — L'expression de la force exercée par le Soleil sur une planète contient, à côté des termes principaux qui correspondent à la loi de Newton, de petits termes accessoires qui dépendent du mouvement de la planète et qui sont du deuxième ordre de grandeur.

Einstein a signalé quelques conséquences qui permettront peut-être d'observer presque directement la variation de la vitesse lumineuse dans un champ gravifique : 1° Un faisceau de lumière doit être courbé sous l'influence de la pesanteur. Le changement de direction, absolument insensible quand il s'agit du champ terrestre, sera bien plus marqué dans celui du Soleil; Einstein calcule qu'un rayon de lumière venant d'une étoile et rasant la surface du Soleil devrait subir une déviation de 0",83 qui éloignerait la position apparente de l'étoile du bord du Soleil. C'est là une prévision qu'on pourra songer à mettre à l'épreuve au moment d'une éclipse totale, malgré les sérieuses difficultés expérimentales qui se présenteront sans doute; 2° Si, avec un même spectroscope, on examine la lumière de deux sources placées à des hauteurs différentes, les raies de celle qui occupe la position la plus élevée seront déplacées par rapport aux raies de l'autre source dans la direction du violet. L'effet est absolument insensible dans le champ terrestre, mais non dans celui du Soleil : pour deux molécules identiques dont l'une se trouve à la surface de cet astre et l'autre à une grande distance, par exemple à la surface de la Terre, la différence est d'environ 0,01 unité Angström. C'est de cette quantité que les raies de Fraunhofer du spectre solaire devraient être déplacées vers le rouge par rapport aux raies correspondantes d'une source terrestre; il est curieux que des déplacements de cet ordre de grandeur aient été réellement observés; ils ont été attribués à des effets de pression ou de mouvement, mais il se pourrait qu'ils fussent dus à la cause indiquée par Einstein.

Peut-on continuer à parler, examine finalement M. Lorentz, d'un éther porteur des champs électromagnétique et gravifique? Il n'y a, semble-t-il, aucun inconvénient à cela. Le champ gravifique présente une certaine ressemblance avec le champ électromagnétique. La seule différence importante, c'est que ce dernier est déterminé en chaque point par *six* paramètres (composantes de la force électrique et de la force magnétique) et le champ gravifique par *dix* paramètres; mais dans l'un et l'autre cas le champ est le siège d'une quantité de mouvement et d'une énergie qu'il peut céder ou emprunter à la matière. Et il n'y a aucune impossibilité, semble-t-il, à considérer les deux champs avec tout ce qui les caractérise (forces électrique et magnétique, paramètres caractéristiques, quantité de mouvement, énergie, tensions, courants d'énergie) comme consistant en des modifications différentes dans l'état intérieur du même éther. Nous ne savons sans doute rien de la nature de ces modifications; mais il suffit que nous puissions les représenter par des paramètres caractéristiques qui, introduits dans les formules de la théorie, nous permettent de calculer la propagation des forces électromagnétiques et les mouvements de la matière.

A. Boutaric.

§ 4. — Chimie industrielle

Le traitement au four des phosphates naturels pour leur utilisation comme engrais. — Il y a deux ans, la *Revue* signalait le développement aux États-Unis d'un nouveau procédé consistant à traiter par la chaleur les phosphates naturels pour les rendre assimilables par les plantes[1]. Ce procédé a été précédé et suivi de toute une série d'autres méthodes analogues, dont M. J. H. Payne[2] vient de faire une étude comparative, qui l'a conduit à des conclusions intéressantes. Il groupe les procédés étudiés en deux classes : 1° ceux où l'acide phosphorique des phosphates est volatilisé avec production de P^2O^5 sous forme soluble dans l'eau; 2° ceux par lesquels le phosphate tricalcique de la matière première est rendu soluble dans le citrate par calcination avec divers réactifs.

1. *Procédés par volatilisation.* En chauffant des minéraux phosphatés à une température suffisamment élevée, et pendant assez longtemps, en présence d'une substance acide, comme la silice, et d'un réducteur tel que le carbone, la totalité de l'anhydride phosphorique est volatilisée et peut être absorbée par une solution alcaline avec formation de phosphates solubles. Comme il n'existe guère de fours à foyer intérieur capables de développer les températures requises, il faut se servir du four électrique; l'emploi de la méthode dépend donc du coût de l'énergie électrique. En outre, le produit doit avoir une teneur en P^2O^5 soluble dans l'eau de 30 à 50 % et au-dessus. Une usine utilisant cette méthode a été récemment construite près de Charlotte, dans la Caroline du Nord.

2. *Procédés par calcination.* Un premier brevet, déjà expiré, a été celui de Dunne[3]; il produisait des phosphates solubles dans l'eau et le citrate par traitement au four, voisin du point de fusion, avec des alcalis ou des sels alcalins, dans la proportion de 1/2 à 1 par rapport au phosphate; les sels employés étaient le sulfate de soude, seul ou mêlé avec du sulfate potassique; on ajoutait du charbon pour décomposer les sulfates.

Un autre brevet expiré est celui de Day[4], relatif à un procédé de production des phosphates solubles dans l'acide citrique dilué par traitement en four, au-dessous du point de fusion partiel, du minerai phosphaté avec une quantité équivalente ou supérieure de carbonate de calcium.

Le procédé Wiborgh[5], qui va tomber dans le domaine public en mars 1915, a été appliqué d'abord en Suède à la poudre d'apatite, qui est chauffée à la chaleur rouge ou jaune avec des substances contenant du sodium ou du potassium. Il donne un phosphate tétracalciosodique ou potassique, soluble dans le réactif de Wagner, mais insoluble dans l'eau. Ce procédé diffère du procédé Dunne par la quantité d'alcali employée : de 6 à 40 % et non de 50 à 100 %.

Les brevets Newberry et Fishburne[6], appliqués le 24 août 1908, et Connor[7], appliqué le 31 octobre 1908, constituent un perfectionnement du procédé Day en ce qu'ils obtiennent d'aussi bons résultats, en employant moins de réactifs et des températures plus élevées. Dans le procédé Connor, pour cinq parties de phosphate on emploie une partie de soude caustique et deux de chaux vive; dans le procédé Newberry, on emploie environ moitié moins de chaux et de carbonate alcalin.

Toute une série d'autres brevets ont proposé la calcination avec des réactifs alcalins ou acides à des températures supérieures à la chaleur orange. En négligeant l'emploi des réactifs acides, on peut dire que tous les procédés basés sur l'emploi de chaux ou de fondants alcalins tendent à réduire l'emploi des réactifs et à augmenter la température, par suite de l'application du four rotatif à ciment. Le produit obtenu dans tous les cas est essentiellement celui du procédé Wiborgh.

La valeur de ces produits pour la pratique agricole

1. Voir la *Revue* du 15 février 1913, t. XXIV, p. 87.
2. *The American Fertilizer*, t. XVI, n° 7, p. 44; analysé dans le *Bull. mensuel de l'Inst. internat. d'Agric.*, t. VI, n° 1, p. 52, auquel nous empruntons les renseignements qui suivent.
3. U. S. Patent n° 245 625; 1886.
4. U. S. Patent n° 542 080; 1895.
5. U. S. Patent n° 601 089; 1898.
6. U. S. Patent n° 978 193; 1908.
7. U. S. Patent n° 931 846; 1908.

dépend : de leur coût de production, qui doit être inférieur à celui du superphosphate ; de la teneur en substances assimilables par les plantes, qui doit être supérieure à celle du superphosphate ; de leur stabilité et de leur aptitude à se mélanger avec d'autres engrais.

D'après les expériences de M. Payne, toutes ces conditions pourront être réalisées avec le temps, au plus grand avantage de l'industrie des engrais et aussi de l'agriculture. Sauf des perfectionnements qu'on ne peut prévoir, il n'y a pas de raisons de croire que la production de ces engrais puisse acquérir un caractère de monopole, d'autant plus que leur nature alcaline en limite l'emploi (leur usage avec le sulfate d'ammoniaque est, par exemple, exclu), de sorte que la tendance deviendra de plus en plus marquée à distinguer parmi les engrais deux groupes : acide et alcalin, ayant chacun son champ d'action propre.

M. Payne a calculé le coût de production d'un produit obtenu par la formule de Wiborgh, aux Etats-Unis. Si la production a lieu à la mine et si le coût du phosphate naturel à 70 % est de fr. 1,78 par quintal, un produit contenant 30 % de P^2O^5 assimilable reviendrait à fr. 3,63 le quintal, soit environ fr. 0,12 par unité de P^2O^5 assimilable ; si la production avait lieu dans une fabrique d'engrais, l'unité reviendrait à environ fr. 0,15.

§ 5. — Agronomie

La lutte contre le désert. — Dans un récent travail[1], un savant italien, M. C. Ulpiani, vient de discuter des questions dont la solution aurait une extrême importance au point de vue pratique et qui se résument en ceci : Est-il possible : 1° de s'opposer au progrès des déserts ; 2° de les circonscrire ; 3° de les ramener à leurs frontières préhistoriques naturelles ; 4° de faire disparaître de la surface terrestre cette dégénérescence du sol qui dessèche toute manifestation de la vie végétale et animale.

L'auteur, en tenant compte des recherches agrologiques récemment effectuées dans la Libye italienne et de la pratique du dry-farming, conclut en affirmant que l'initiative individuelle ne pourra jamais se risquer seule dans la lutte contre les déserts. Il est nécessaire que les Etats intéressés organisent et coordonnent ce mouvement par l'installation de fermes modèles, en vue de démontrer la possibilité de cultiver avec profit, dans la zone aride, certaines plantes xéro-halophiles. Il est surtout nécessaire d'assurer les producteurs du facile écoulement de leurs produits, et cela par des lois protectrices. Il est peut-être aussi opportun que l'action des Etats se déploie d'accord, suivant un plan synergique.

L'auteur est d'avis qu'il faut constituer une conscience mondiale collective en faveur de la lutte contre les déserts. Ceux-ci constituent une menace permanente contre la civilisation et la vie. M. Caetani[1] a démontré que toute la série des migrations humaines de la préhistoire et de l'histoire, jusqu'aux dernières invasions des Mongols et des Turcs, doivent être regardées comme l'effet de la marche ininterrompue des déserts.

Un institut de caractère international, tel que l'Institut international d'Agriculture, pourrait, selon l'auteur, contribuer d'une manière efficace à la formation de cette conscience collective. Aujourd'hui l'agriculture de la petite ferme, qui devait fournir au propriétaire tous les produits nécessaires à la vie, ne peut plus se maintenir vis à-vis de la grande agriculture établie sur une échelle industrielle et visant à pratiquer les cultures réellement appropriées au climat et au sol, pour obtenir le maximum de rendement. L'Institut international d'Agriculture, prenant comme point de départ la Géographie botanique et les cartes agrogéologiques, devrait s'occuper de cette répartition des cultures, dans le but d'atteindre un maximum de rendements par un minimum d'efforts. C'est aux zones sub-désertiques que reviendrait, par leur aridité et leur luminosité, la culture des plantes xéro-halophiles pouvant être utilisées dans certaines industries, comme celles de l'alcool, du papier, de l'acide tannique.

Ces industries devraient être, d'ailleurs, protégées et encouragées. En ce qui concerne l'alcool, il ne faut pas oublier que, dans la fiévreuse consommation actuelle de pétrole et de charbon, on attaque sans relâche toutes les provisions existantes de combustibles, sans se préoccuper de leur épuisement, et sans se soucier de trouver un succédané possible, dont le large emploi puisse reculer le jour redouté de la crise de l'énergie. En ce qui concerne, d'autre part, l'industrie du papier, qu'on réfléchisse aux ravages auxquels on a condamné les forêts, pour faire face aux besoins de papier du monde entier, et l'on verra sans peine qu'une entente internationale s'impose, en vue d'obliger tous les peuples au respect des grands arbres, si utiles dans les régions humides par le fait qu'ils fixent les sols et préviennent les inondations, et aussi en vue de favoriser par tous les moyens, dans les régions arides, la couverture des steppes par l'alfa, le dis et plantes analogues. On peut en dire autant pour l'industrie de l'acide tannique ; pour alimenter cette dernière, on pourrait, au lieu de détruire les chataigneraies de France et d'Italie, cultiver dans la zone aride le *Rhus oxyacantha* et peut-être aussi le sumac.

A l'heure actuelle, la lutte contre les déserts doit constituer un grand but à proposer à l'effort humain. Cette lutte intéresse dans une égale mesure tous les continents, soit parce que la marche envahissante du désert constitue une grave menace, soit parce que, une fois les déserts enrayés et conquis, ils pourraient offrir un large espace à la libre expansion des peuples.

Les suggestions de M. Ulpiani arrivent à un moment où, malheureusement, les préoccupations des nations civilisées sont tournées vers des questions beaucoup plus urgentes ; mais il faut espérer que, vu leur intérêt durable, elles seront examinées dans un avenir prochain.

1. *Le Stazioni speriment. agrarie italiane*, t. XLIII, p. 637-673, résumé dans le *Bull. mensuel des rens. agric. de l'Inst. internat. d'Agric.*, t. IV, p. 43-44, auquel nous empruntons les renseignements ci-dessus.

1. Studi di Storia orientale, Milan, 1911.

SUR LES PRINCIPES DE LA MÉCANIQUE

La Mécanique est la science qui a pour but l'étude des phénomènes de mouvement (et, comme cas particulier, de repos) ou phénomènes mécaniques. A ce titre, c'est donc *une science purement expérimentale*. C'est, comme l'a fort bien dit M. Bouasse, le premier chapitre de la Physique. Les méthodes de cette dernière lui sont donc nécessairement applicables.

Effectivement, les lois de la Mécanique actuelle doivent leur existence aux observations les plus vulgaires, interprétées par les esprits géniaux des Galilée, des Képler, des Newton. A cause de leur simplicité et de leur grande généralité, elles ont perdu, peu à peu, leur caractère expérimental et ont fini par s'imposer, du moins jusqu'à nouvel ordre, comme des vérités inéluctables, comme des *axiomes*, analogues à ceux de la Géométrie [1].

Ceci explique pourquoi la Mécanique a pénétré progressivement dans le domaine des mathématiciens, qui sont actuellement chargés de son enseignement, du moins en France, sous la rubrique : *Mécanique rationnelle* [2].

Sans rechercher si c'est là un bien ou un mal, nous nous contenterons de montrer comment on peut exposer la Mécanique d'un point de vue purement mathématique, sans faire appel à aucun axiome d'ordre expérimental. Nous ferons voir ensuite comment la science abstraite ainsi construite se rattache à l'étude des phénomènes naturels de mouvement.

Autrement dit, nous nous proposons de faire nettement la part du Physicien et la part du Mathématicien, tout en montrant qu'ils sont solidaires l'un de l'autre.

On objectera sans doute qu'une telle distinction est purement factice et qu'un bon mécaniste doit être à la fois physicien et mathématicien. C'est là une opinion à laquelle nous nous rangeons volontiers. Malheureusement, il existe, croyons-nous, peu de mathématiciens ayant du goût et des aptitudes pour la pratique de l'expérience et du laboratoire. A part quelques trop rares exceptions, il ne nous semble pas qu'un mathématicien puisse diriger, avec compétence, des manipulations de Mécanique. Une collaboration entre physiciens et mathématiciens serait peut-être heureuse, mais difficile à réaliser dans l'enseignement.

1. En fait, cette analogie est loin d'être superficielle, si l'on veut bien observer que la Géométrie, tout au moins la Géométrie euclidienne, repose, elle aussi, sur un certain nombre de notions expérimentales, en nombre évidemment restreint, mais auxquelles la pure logique ne saurait suppléer.

2. La Mécanique n'est d'ailleurs pas la seule branche de la Physique dont se soient occupés des mathématiciens. Henri Poincaré en fut un illustre exemple.

I. — Principes de la Mécanique rationnelle

Arrivons à l'exposé logique du mathématicien, dont la théorie sera appelée *Mécanique rationnelle* ou *Mécanique mathématique* [1].

§ 1. — Cinématique

Soit un trièdre de coordonnées $Oxyz$ ou trièdre (T), que nous appellerons *trièdre de référence*. Soit maintenant un point M, dont les coordonnées x, y, z par rapport à ce trièdre sont des fonctions connues d'un certain paramètre t, que nous appellerons le *temps*. Lorsque t croît d'une manière continue, le point M occupe, relativement à (T), des positions successives déterminées. Nous conviendrons de dire qu'il est *en mouvement par rapport à notre trièdre de référence*. Les équations qui définissent x, y, z en fonction de t, soient

$$(1)\quad x = f(t), \quad y = g(t), \quad z = h(t),$$

seront appelées les *équations du mouvement*.

Nous appellerons *vecteur vitesse* du point M à l'instant t la dérivée géométrique du vecteur (OM) par rapport à t. Nous appellerons *vecteur accélération* la dérivée géométrique du vecteur vitesse. Les composantes de ces deux vecteurs suivant les axes sont $\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}$ pour le premier et $\frac{d^2x}{dt^2}, \frac{d^2y}{dt^2}, \frac{d^2z}{dt^2}$ pour le second.

Au lieu d'un seul point mobile, on peut en envisager simultanément plusieurs; on obtient un *système*. Dans les raisonnements, il est commode de ne considérer que des points en nombre fini. Mais, on peut, en employant les procédés de définition des intégrales simples, doubles ou triples, admettre l'extension des *milieux continus à une, deux* ou *trois dimensions*. Chaque point M d'un tel milieu est individualisé par la connaissance d'un, deux ou trois paramètres indépendants. On connaît le mouvement du milieu si l'on peut avoir, à chaque instant, la position du point qui correspond à un ensemble de valeurs numériques quelconques attribuées aux paramètres précédents. Pour cela, il faut connaître les coordonnées x, y, z de M en fonction du temps et de ces paramètres.

1. De même qu'on dit *Physique mathématique*.

Il existe une catégorie de systèmes auxquels il convient d'attacher une importance particulière : ce sont les *systèmes indéformables* ou *corps solides*. Ils sont caractérisés par ce fait que la distance de deux quelconques de leurs points est constante, c'est-à-dire indépendante du temps. On peut représenter chacun d'eux par un trièdre qui lui est invariablement lié. D'où il résulte que le mouvement d'un corps solide est déterminé par la connaissance de six fonctions de t.

On peut imaginer aussi des systèmes exclusivement constitués par des corps solides, liés les uns aux autres de certaines manières. Leurs mouvements dépendent d'un nombre fini de fonctions de la seule variable t, tandis que ceux des milieux continus déformables introduisent des fonctions de deux, trois ou quatre variables. C'est pour cette raison que la mécanique des corps solides s'est révélée comme beaucoup plus simple et s'est développée davantage que la mécanique des systèmes continus déformables.

Changement du trièdre de référence. — Soit un triède (T'), de mouvement connu par rapport à (T). En vertu des formules du changement de coordonnées, on peut déduire le mouvement de M par rapport à (T) du mouvement de M par rapport à (T').

Il importe de savoir comment se transforment les vecteurs vitesse et accélération dans un tel changement du trièdre de référence. La réponse se traduit par des égalités géométriques de la forme :

$$(2)\ (V) = (V') + (V_e),$$
$$(3)\ (\gamma) = (\gamma') + (\gamma_e) + (\gamma_c),$$

où (V) et (γ) sont les vecteurs vitesse et accélération par rapport à (T), (V') et (γ') sont les mêmes vecteurs par rapport à (T'); enfin, (V_e), (γ_e) et (γ_c) sont certains vecteurs appelés vitesse d'entraînement, accélération d'entraînement et accélération de Coriolis. Ils dépendent tous trois du mouvement de (T') par rapport à (T); en outre, les deux premiers dépendent seulement de la position et le troisième de la vitesse du point M.

§ 2. — Dynamique

En Dynamique s'introduit un élément nouveau : la *masse*. A chaque point M, on convient d'affecter un coefficient positif et essentiellement constant, qui est dit la masse de ce point. La masse d'un système est, par définition, la somme des masses de tous ses points; ce qui s'étend aux milieux continus, par les procédés du Calcul intégral.

De la notion de masse dérivent certains éléments, tels que les centres de gravité et moments d'inertie, qui s'introduisent d'eux-mêmes dans l'étude détaillée de la Dynamique. Ils donnent lieu à des développements, qui constituent la *Géométrie des masses*.

Force relative[1]. — Soit un point matériel M, de masse m, mobile par rapport au trièdre (T). A chaque instant t, il a un certain vecteur accélération (γ). Nous appellerons *force relative au trièdre (T), appliquée au point M à l'instant t*, le vecteur $(f) = m\,(\gamma)$.

Le mot force n'aura donc pour nous une signification, du moins jusqu'à nouvel ordre, qu'autant qu'aura été spécifié le trièdre de référence.

Si l'on change ce dernier, la force change également. D'après (3), si (f') désigne la force relative à (T'), on a

$$(4)\ (f') = (f) + (f_e) + (f_c),$$

où (f_e) représente le vecteur $-\,m\,(\gamma_e)$, appelé force d'entraînement et (f_c) le vecteur $-\,m\,(\gamma_c)$, appelé force de Coriolis. Ces deux vecteurs correctifs ne dépendent, pour un mouvement donné de (T') par rapport à (T), que du temps, de la position de M et de sa vitesse.

Il y a toutefois un *cas où la force relative est la même par rapport aux deux trièdres; c'est le cas où ceux-ci sont animés, l'un par rapport à l'autre, d'une translation rectiligne et uniforme.*

Familles de mouvements; lois de force. — Parmi tous les mouvements que peut prendre le point M par rapport à (T), imaginons que l'on considère une famille (A), telle que tout mouvement de la famille soit déterminé par ses *conditions initiales*, c'est-à-dire par la position et la vitesse du mobile à l'époque zéro.

Une semblable famille est définie par des équations de la forme[2]

$$(5)\quad \begin{cases} x = f\,(t, x_0, y_0, z_0, x'_0, y'_0, z'_0), \\ y = g\,(t, x_0, y_0, z_0, x'_0, y'_0, z'_0), \\ z = h\,(t, x_0, y_0, z_0, x'_0, y'_0, z'_0), \end{cases}$$

où x_0, y_0, z_0 sont les coordonnées initiales de M et x'_0, y'_0, z'_0 les composantes du vecteur vitesse initial.

On peut dire que *le but de la Dynamique est l'étude des familles de la nature précédente.*

Une famille (A) étant donnée, imaginons que le point M ne puisse prendre que des mouvements de cette famille. Je dis que la force relative qui lui est appliquée est connue à un instant t quel-

1. Nous empruntons cette notion à M. Painlevé.

2. Les fonctions f, g, h, $\frac{\delta f}{\delta t}$, $\frac{\delta g}{\delta t}$, $\frac{\delta h}{\delta t}$ doivent se réduire respectivement à x_0, y_0, z_0, x'_0, y'_0, z'_0, pour $t = 0$.

conque, si l'on se donne la position et la vitesse du mobile à cet instant. En effet, ces données déterminent, par six équations qu'il est facile d'écrire[1], les six constantes $x_0, y_0, z_0, x'_0, y'_0, z'_0$, et, par suite, le mouvement tout entier du point M. Le mouvement étant connu, le vecteur accélération et par suite le vecteur force relative le sont aussi à une époque quelconque et, en particulier, à l'époque t précédemment considérée.

Ceci se traduit analytiquement de la manière suivante :

Appelons X, Y, Z les composantes de la force relative, suivant les axes $Oxyz$. Ce sont des fonctions parfaitement déterminées des sept variables t, x, y, z, x', y', z', soit :

$$(6)\quad \begin{cases} X = F(t, x, y, z, x', y', z'), \\ Y = G(t, x, y, z, x', y', z'), \\ Z = H(t, x, y, z, x', y', z'). \end{cases}$$

Une telle correspondance entre la force relative et *les conditions au temps t*[2] sera appelée une *loi de force*. Elle est définie par des équations telles que (6).

Nous venons de voir qu'à toute famille (A) correspond une loi de force déterminée. Réciproquement, *à toute loi de force correspond une famille* (A). En effet, assujettissons le point M à ne prendre que des mouvements obéissant à cette loi de force, c'est-à-dire tels qu'à chaque instant la force relative satisfasse aux équations (6). Chacun de ces mouvements vérifie les équations différentielles :

$$(7)\quad \begin{cases} mx'' = F(t, x, y, z, x', y', z'), \\ my'' = G(t, x, y, z, x', y', z'), \\ mz'' = H(t, x, y, z, x', y', z'), \end{cases}$$

où x, y, z, sont les coordonnées de M et x', y', z', x'', y'', z'', les dérivées premières et secondes de ces coordonnées par rapport à t. Or, un théorème d'Analyse bien connu nous apprend que, sous certaines restrictions de continuité, il existe une solution et une seule vérifiant ce système, en même temps que des valeurs initiales données de x, y, z, x', y', z'. Il revient manifestement au même de dire que tout mouvement obéissant à la loi de force (6) est déterminé, quand on se donne ses conditions initiales. L'ensemble de tous les mouvements ainsi définis constitue donc bien une famille (A).

Ce que nous venons de dire pour un point peut se répéter pour un système. La seule différence est que la famille (A) et la loi de force correspondante peuvent dépendre, dans ce cas, d'un nombre quelconque de paramètres[1], caractérisant l'ensemble des conditions initiales de tous les points du système.

Changement du trièdre de référence. — Soit une famille (A) de mouvements rapportés au trièdre (T) et soit (f) la loi de force relative correspondante. Prenons maintenant un autre trièdre de référence (T′), de mouvement connu par rapport au premier. Si l'on se donne les conditions initiales de M par rapport à (T), on peut en déduire, en vertu de la formule (2), les conditions initiales par rapport à (T′) et réciproquement. Il s'ensuit manifestement que les mouvements de la famille (A) deviennent, quand on les rapporte au trièdre (T′), les mouvements d'une nouvelle famille (A′). Conséquemment, la loi de force (f) se transforme en une nouvelle loi de force (f'). Ceci résulte d'ailleurs aussi de la formule (4) et du fait, signalé plus haut, que les forces d'entraînement et de Coriolis ne dépendent que des conditions au temps t du point M.

Forces absolues[2]. — Soient deux familles (A) et (A_1), rapportées au même trièdre (T). Soient (f) et (f_1) les lois de force relative correspondantes. On peut passer de (f) à (f_1), donc de (A) à (A_1), en ajoutant à (f) la force $(F) = (f_1) - (f)$. Je dis que cette force est indépendante du choix du trièdre de référence.

En effet, prenons un nouveau trièdre (T′), animé d'un mouvement quelconque par rapport à (T). Les forces (f) et (f'_1) se transforment en (f') et (f'_1), par les formules :

$$(f') = (f) + (f_e) + (f_c) \quad , \quad (f'_1) = (f_1) + (f_e) + (f_c),$$

(f_e) et (f_c) étant les mêmes dans les deux formules. On en déduit immédiatement :

$$(f'_1) - (f') = (f_1) - (f).$$

Nous arrivons donc à cette conclusion fort importante que, *pour passer d'une famille déterminée à une autre famille déterminée, il suffit d'ajouter à la première loi de force relative (f) une autre loi de force (F), qui est indépendante du trièdre de référence*[3].

1. Nous ne nous préoccupons pas de savoir si ce système d'équations admet une ou plusieurs solutions. S'il y avait plusieurs solutions, on en conclurait simplement que les fonctions X, Y, Z sont multiformes.

2. Nous appellerons ainsi la position et le vecteur vitesse à cet instant.

1. Il peut même y en avoir une infinité, s'il s'agit d'un système continu déformable, auquel cas les équations (7) doivent être remplacées par des équations aux dérivées partielles.

2. Cette notion de force absolue est aussi empruntée à M. Painlevé.

3. Cela ne veut pas dire que les composantes de (F) par rapport au trièdre de référence sont des invariants ; c'est le vecteur qui est un invariant, c'est-à-dire ses composantes par rapport à un trièdre de coordonnées auxiliaire quelconque, choisi une fois pour toutes, indépendamment de tout trièdre de référence, et qui peut être, par exemple, le premier trièdre (T).

A cause de cette propriété fondamentale, la force (F) sera dite *force absolue*, par opposition à la force relative (f), qui, elle, dépend essentiellement du trièdre de référence.

Addition des forces absolues. — Par définition, l'application simultanée de plusieurs forces absolues (F_1), (F_2), ... (F_n) au point M équivaut à l'application de la force absolue

$$(F) = (F_1) + (F_2) + \dots\dots + (F_n).$$

Si (f) est la force relative au trièdre (T) qui était appliquée au point M avant l'introduction de ces forces absolues, la nouvelle force relative est $(f) + (F_1) + (F_2) + \dots + (F_n)$.

Réactions. — Soit le point M, soumis à la loi de force relative (f), par rapport au trièdre (T). Introduisons, au voisinage de ce point, un autre point matériel M'. Nous conviendrons que cette introduction a pour effet de modifier la famille des mouvements qu'était susceptible de prendre le point M. De ce fait, la loi de force (f) est aussi modifiée. D'après ce qui a été vu précédemment, il s'est ajouté à cette force relative une force absolue (R), que nous appellerons *la réaction exercée par M' sur M* et qui sera, par convention, dirigée suivant la droite MM'.

De la même manière, M exerce sur M' une réaction (R'). Nous conviendrons encore que cette réaction est égale et opposée à la précédente. Cette nouvelle convention portera le nom de *principe de l'égalité de l'action et de la réaction*.

Forces de liaison. — Imaginons un système (S) soumis à une certaine loi de forces relatives, par rapport au trièdre (T), ou, ce qui revient au même, ne pouvant prendre que les mouvements d'une certaine famille (A). Supposons maintenant qu'on impose à ce système de nouvelles liaisons. De ce fait, les mouvements qu'il peut prendre, d'une manière générale, sont modifiés. En particulier, les mouvements de la famille (A) ne sont plus possibles, sauf certains cas exceptionnels. Ils doivent être modifiés, de manière à former une nouvelle famille (A_1), compatible avec toutes les liaisons, tant nouvelles qu'anciennes. De là résulte que la loi de forces relatives à laquelle obéissait primitivement le système est nécessairement changée. On doit ajouter aux anciennes forces relatives certaines forces absolues, qu'on appelle *des forces de liaison*.

Problème général de la Dynamique. — Le problème qui est l'objet habituel de la Dynamique est le suivant : *Etant donné un système soumis à une loi de forces et à des liaisons données, trouver la famille des mouvements qu'il peut prendre et, d'une façon plus précise, trouver celui de ces mouvements qui correspond à des conditions initiales données.*

Lorsqu'il n'y a à ajouter à la loi de forces donnée ni réactions, ni forces de liaison, le problème est toujours nettement défini au point de vue mathématique et revient à l'intégration d'un certain système différentiel. Mais, lorsque s'introduisent des réactions ou forces de liaison, les définitions et conventions que nous venons d'exposer sont souvent insuffisantes et doivent être complétées par des hypothèses supplémentaires, relatives à ces réactions et forces de liaison.

II. — Rapports entre la mécanique rationnelle et la mécanique expérimentale

Partant des définitions et conventions générales qui précèdent, le mathématicien construit toute une théorie, à laquelle nous avons donné le nom de Mécanique rationnelle. Il s'agit de montrer maintenant que ce n'est pas là un simple jeu de l'esprit, mais au contraire une théorie mathématique s'adaptant merveilleusement à l'étude des phénomènes naturels que nous avons appelés les phénomènes mécaniques.

Nous allons reprendre toutes nos définitions et conventions et chercher à quoi elles correspondent, par abstraction, dans la réalité. Nous établirons ainsi le lien entre la Mécanique rationnelle et la Mécanique expérimentale.

§ 1. — Cinématique

Voyons d'abord ce que devient notre point géométrique M. Il pourra représenter bien des choses, suivant le phénomène étudié. Ce sera, par exemple, un petit morceau d'un corps quelconque [1] ; ou bien la Terre, une planète, une comète, le Soleil, un astre quelconque ; ou bien une particule hypothétique aux dimensions excessivement réduites par rapport à celles qui sont accessibles à nos sens et qu'on qualifiera de molécule, atome, corpuscule, électron, magnéton, etc.

Quoi qu'il en soit, on peut imaginer maintenant que notre point occupe différentes positions dans l'espace. Mais il nous est impossible de situer

1. Nous employons ici le mot *corps* avec son sens vulgaire et imprécis et non plus avec le sens mathématique et précis attribué au corps solide. Quant au qualificatif *petit*, son sens est tout à fait relatif et signifie généralement de petites dimensions par rapport aux distances que peut parcourir le point dont il est question.

l'une d'elles sans le secours d'un certain repère [1], que nous symbolisons par un trièdre : le trièdre de référence.

En second lieu, ces différentes positions ne peuvent être occupées simultanément par le même point, mais seulement les unes après les autres. Ici, s'introduit la notion de *temps*. Quel rapport cette notion peut-elle présenter avec la variable que le mathématicien a qualifiée du même nom ? Ce rapport est tout à fait conventionnel. Il repose sur la considération de certains phénomènes naturels que l'on regarde, *par définition*, comme se reproduisant à des intervalles de temps équidistants [2], ou bien auxquels est liée la variation continue d'une certaine grandeur mesurable, qu'on regarde, *par définition*, comme proportionnelle au temps [3].

On conçoit très bien, d'après cela, qu'il soit possible d'imaginer des procédés de mesure du temps tout à fait arbitraires, assujettis seulement à la condition que, de deux événements non concomitants, celui qui est antérieur à l'autre corresponde à la plus petite valeur de t. Rien n'oblige logiquement à s'arrêter à un procédé plutôt qu'à un autre. C'est uniquement un besoin de simplicité qui a prévalu pour la mesure actuelle du temps. Il répugnerait à l'esprit de considérer comme non équidistants des phénomènes tels que les passages successifs d'une étoile au méridien d'un lieu et comme non uniforme la variation de l'angle horaire de cette étoile.

Comme conséquence naturelle de ce besoin de simplicité, il s'est trouvé que les lois mécaniques qui régissent les phénomènes astronomiques ont pris une forme très simple, condensée en un seul principe : la gravitation universelle. Il en va de même pour la plupart des phénomènes mécaniques naturels, que nous observons quotidiennement à la surface de la Terre. Tout eût été, au contraire, d'une complication inextricable, qui eût arrêté, à elle seule, toute la Mécanique et toute l'Astronomie, si l'on s'était avisé de mesurer le temps par un procédé hétéroclite, comme on en imagine aisément [4].

1. Le mot position n'a aucun sens absolu, mais seulement un sens relatif. On ne saurait concevoir la détermination d'un point dans l'espace, si ce point était unique dans l'Univers. Notre imagination nous permet peut-être de réaliser vaguement cette conception ; mais, en vérité, nous jouons, dans ce cas, nous-mêmes, le rôle de trièdres de référence; ou bien, nous attribuons inconsciemment ce rôle au souvenir d'objets étrangers à notre point, qui persistent en dépit de tout effort d'abstraction.

2. Tels sont les oscillations d'un pendule, les passages d'une étoile déterminée au méridien d'un lieu déterminé, les mouvements vibratoires d'une radiation déterminée.

3. Tel est l'angle horaire d'une étoile.

4. Cf. H. Poincaré : *Revue de Métaphysique et de Morale* (janvier 1898).

Possédant les notions de temps et d'espace relatif, nous arrivons aisément à celle de mouvement. On reconnait expérimentalement qu'un point M est en mouvement à ce que la configuration qu'il forme avec certains objets environnants se modifie avec le temps. Ceci, toutefois, n'a un sens précis que si ces objets environnants forment ensemble une configuration invariable, ce que nous avons appelé un corps solide [1].

Il est donc indispensable, lorsqu'on prononce le mot mouvement, de fixer immédiatement le repère indéformable auquel on rapporte ce mouvement. C'est ce repère que nous avons symbolisé par notre trièdre de référence.

Comme on le voit, la notion de mouvement est essentiellement relative. Il est impossible de concevoir un mouvement absolu, pas plus qu'il n'est possible de localiser un point dans l'espace absolu. Il faudrait, pour cela, arriver à nous représenter le mouvement d'un point isolé dans l'Univers, en faisant abstraction de notre propre personne. Or, cette dernière condition surtout semble irréalisable. Quand nous essayons de concevoir des mouvements absolus, nous ne concevons que des souvenirs de mouvements relatifs.

L'expression mouvement absolu peut avoir un sens, d'ailleurs entièrement conventionnel, si l'on imagine un trièdre de référence absolu, que l'on considère comme fixe, par définition. On peut être conduit à la notion d'un tel trièdre par des considérations empruntées à l'Astronomie ou à la Physique, comme nous le verrons plus loin. Mais il est bien clair que, malgré tout, au point de vue philosophique, ce trièdre, qu'il faudra définir, par exemple, par son mouvement par rapport à la Terre, ne sera pas plus fixe, pas plus absolu qu'un autre.

On peut s'étonner, après cela, que le nombre des personnes qui ont réfléchi sur la relativité de la notion de mouvement soit excessivement restreint. Cela tient à ce que, pour le vulgaire, tous les mouvements sont instinctivement rapportés à la Terre et cela, probablement, pour l'unique raison que c'est le plus gros corps solide que nous ayons sous la main. Vous ne ferez pas admettre à un homme du peuple que, lorsqu'il est dans le train, ce sont les poteaux télégraphiques qui se déplacent. Il vous répondra certainement, sous une forme plus ou moins précise, que ce n'est là qu'une apparence. Il lui faudrait,

1. C'est un lieu commun de dire que les corps solides n'existent pas dans la Nature. Mais il existe des corps solides approchés, dont les déformations ne tombent pas directement sous nos sens et auxquels nous pouvons fort bien faire jouer le rôle du corps solide mathématique.

en effet, s'il adoptait le mouvement des poteaux télégraphiques, imaginer que ceux-ci entraînent avec eux toute la Terre, qui glisserait, de la sorte, sous le train. Mais une telle conception lui produirait l'effet d'une plaisanterie, vu la grosseur de notre globe.

Jusqu'à Galilée, personne, sauf peut-être quelques esprits précurseurs, n'avait jamais douté de l'immobilité absolue de la Terre. Et l'on sait quelle indignation fut soulevée par la négation de cette croyance. Il y avait cependant un moyen très simple de concilier tout le monde. On eût donné raison à Galilée en choisissant un trièdre de référence lié au Soleil et l'on eût satisfait ses contradicteurs en prenant un trièdre de référence lié à la Terre.

Est-ce à dire que la découverte de Galilée se réduit à un jeu de mots? Non, et cela pour plusieurs raisons. D'abord, Galilée détruisait cette idée simpliste et vaine, d'après laquelle la Terre serait le centre du Monde, au milieu duquel elle jouerait un rôle tout à fait fondamental. Ensuite il ouvrait la voie à Képler, qui n'eût jamais découvert les lois qui portent son nom, s'il n'eût imaginé de rapporter au Soleil les mouvements des planètes. Ceux-ci ne devenaient simples qu'à cette condition, tandis que, rapportés à la Terre, ils demeuraient excessivement compliqués.

On voit comment la croyance irréfléchie au mouvement absolu a failli être une entrave à la naissance de toute l'Astronomie moderne.

Poursuivant l'interprétation de nos définitions mathématiques, nous arrivons aux vecteurs vitesse et accélération.

On est conduit assez naturellement au premier en partant de la notion vulgaire de vitesse, qui n'a de sens précis que pour un mouvement uniforme, mais que l'on étend sans peine à un mouvement quelconque, par un procédé qui rappelle la définition de la dérivée d'une fonction et qui lui est, au reste, intimement lié.

Quant au vecteur accélération, il a pour but de renseigner sur la variation du vecteur vitesse.

Les définitions relatives aux systèmes continus ont leur origine dans la considération des différentes portions de matière[1] que nous pouvons isoler par la pensée. Toutes sont à trois dimensions; mais, pratiquement, on en rencontre qui ressemblent beaucoup à une ligne ou à une surface géométriques et qu'il est avantageux, pour simplifier, d'assimiler à ces abstractions.

1. Nous admettons ici la continuité de la matière, qui, du moins jusqu'à présent, a été une hypothèse commode pour les Mécanistes et Physiciens, bien que contradictoire avec les théories moléculaires. Ces dernières semblent actuellement reprendre de l'avantage, grâce à la collaboration du Calcul des probabilités.

De même, tous les milieux sont déformables; mais il en existe dont les déformations sont inappréciables, du moins dans certaines conditions, et qu'il est commode de regarder comme des solides mathématiques.

§ 2. — Dynamique

Masse. — En Dynamique, nous devons, en premier lieu, interpréter la *masse*. Pour cela, nous copions notre définition mathématique. Nous convenons d'affecter, une fois pour toutes, à chaque portion de matière de l'Univers un certain nombre positif, que nous appelons sa masse. Sur quoi nous baserons-nous pour faire cette affectation? Sera-t-elle arbitraire? Ou bien reposera-t-elle sur une loi déterminée et alors quelle sera cette loi?

A cela, nous répondrons simplement que la masse d'un corps quelconque se mesure au moyen d'une balance. Quelle est la valeur logique d'un tel procédé? Il revient à admettre qu'il est possible d'effectuer la distribution des masses dans tout l'Univers, ou du moins dans celui qui nous est accessible, de telle manière que soient vérifiées toutes les conséquences expérimentales de la Mécanique rationnelle. Une de ces conséquences est la théorie de la balance. Elle est particulièrement commode pour l'évaluation pratique des masses. Mais on pourrait tout aussi bien utiliser, dans le même but, n'importe quel phénomène mécanique. C'est ce que font les astronomes qui, ne pouvant mettre la Lune sur le plateau d'une balance, calculent néanmoins sa masse, en comparant les données numériques de leurs observations avec les résultats théoriques de la Mécanique céleste.

Il convient de dire ici que, quel que soit le procédé employé, les masses ne sont définies qu'à un facteur près. Elles constituent un système de nombres proportionnels. Si l'on attribue une valeur numérique à l'une d'elles, par exemple si l'on choisit la masse unitaire, toutes les autres sont déterminées.

Sur la Terre, l'unité est, comme on sait, le gramme. Plus exactement, on convient de donner la masse 1000 à un morceau de platine, que l'on conserve précieusement, en prenant bien garde de ne point l'user. En Astronomie, la masse unitaire est celle du Soleil ou de la Terre. Sa détermination en grammes, basée sur le principe de la gravitation universelle, repose sur des expériences très délicates et peu précises.

Nous avons admis plus haut que les masses déterminées à l'aide d'un phénomène particulier convenaient à tous les phénomènes et devaient

être regardées comme absolument immuables. Logiquement, aucune raison ne milite en faveur de cette hypothèse, qui doit donc être regardée comme un véritable axiome expérimental : *l'axiome de la masse.*

Jusqu'à présent, aucun phénomène mécanique n'a été découvert, qui puisse en infirmer la certitude. Cependant, certaines théories de Physique moderne, qui mettent en jeu les mouvements de particules hypothétiques appelées électrons, ont conduit à la nécessité d'admettre que ces particules ont des masses susceptibles de varier, lorsque leurs vitesses deviennent comparables à la vitesse de la lumière. Ces théories, qui, d'autre part, expliquent très bien tous les phénomènes électriques, magnétiques et lumineux actuellement connus, ne sont donc légitimes qu'à la condition de sacrifier l'axiome de la masse ou tout au moins de le modifier en considérant cette dernière comme fonction de la vitesse [1]. Doit-on conclure de là l'existence possible de phénomènes mécaniques, directement accessibles à nos observations et devant un jour nous obliger à jeter par-dessus bord celui des axiomes de la Dynamique qui, jusqu'à ces dernières années, semblait le plus solidement établi ? C'est ce qui nous paraît bien peu probable.

Force relative. — Notre définition de la force relative est purement conventionnelle et n'implique d'autre notion que celles de masse et d'accélération. A cause de sa relativité, elle ne correspond à aucune réalité physique, rappelant, de près ou de loin, la notion vulgaire d'effort musculaire, qui, pour la plupart des humains, symbolise la notion de force.

Mais là où nous rentrons dans le domaine expérimental, c'est lorsque nous abordons la notion fondamentale des *familles de mouvements.* Ces familles existent réellement dans la Nature. C'est ainsi que, si nous lançons un point pesant dans le vide, à la surface de la Terre, à partir d'une position, dans une direction et avec une vitesse déterminées, nous savons fort bien prédire le mouvement qui va prendre naissance. Les expériences classiques sur les lois de la chute des corps nous ont fait connaître une famille de mouvements des plus simples. A cette famille de mouvements correspond une *loi de force*, qui porte le nom de pesanteur et qui est la force relative devant servir de point de départ dans l'étude mathématique de tous les phénomènes mécaniques terrestres [1].

On obtient une autre famille de mouvements, et par suite une autre loi de force relative, si l'on étudie la chute des corps dans l'air, ou bien dans l'eau, ou si l'on produit, dans leur voisinage, des phénomènes électriques ou magnétiques, etc. Chacune de ces familles doit être étudiée expérimentalement, afin qu'on puisse en induire la loi de force relative.

D'une manière générale, on admet que tout point matériel, placé dans un milieu déterminé et lancé, à partir d'une position déterminée, avec une vitesse et dans une direction déterminées, prend un mouvement ultérieur entièrement déterminé. Autrement dit, si l'on recommence l'expérience autant de fois qu'on le veut, sans changer les conditions extérieures ni les conditions initiales, on doit toujours obtenir le même mouvement.

C'est là un nouvel axiome expérimental, qu'on peut appeler l'*axiome des conditions initiales.*

En faisant varier ces dernières, sans rien changer au milieu environnant, on peut étudier la famille de mouvements propre à ce milieu et en conclure la loi de force relative correspondante [2].

Forces absolues. — Reprenons notre point pesant M dans le vide. Nous avons constaté que ses mouvements appartenaient à une certaine famille (A), à laquelle correspond la loi de force (f), appelée pesanteur. Recommençons toutes nos expériences, mais en électrisant au préalable le point M et créant dans son voisinage un champ électrique déterminé. Nous constatons que les mouvements observés sont entièrement différents des précédents. Ils constituent néanmoins une nouvelle famille (A_1), à laquelle correspond une nouvelle loi de force (f_1), que l'on établira expérimentalement, comme on a établi la loi de force (f).

Ici, nous pouvons maintenant faire intervenir le raisonnement mathématique, qui nous apprend que la différence géométrique $(f_1) - (f) = (F)$ est indépendante du trièdre de référence. Nos expériences ont été faites par rapport à la Terre. Mais, nous pourrions les recommencer par rapport à la Lune, ou par rapport au Soleil, ou par

1. Encore est-il besoin de préciser à quel trièdre de référence est rapportée cette vitesse. Ce trièdre est précisément le trièdre absolu, auquel il a été fait allusion plus haut. Il est invariablement lié à l'éther.

1. On parle quelquefois de points matériels soustraits à l'action de la pesanteur. Mais c'est là une abstraction qui n'a pas de sens. On doit entendre seulement par ces mots que l'on considère la pesanteur comme négligeable vis-à-vis des forces absolues qui entrent en jeu, à moins qu'elle ne soit neutralisée par une autre force, qu'on ne mentionne pas.

2. Nous ne parlons pas du trièdre de référence, qui est laissé au choix de l'expérimentateur, mais qui est généralement un trièdre terrestre.

rapport à un véhicule quelconque. Nous trouverions des lois de force (f) et (f_1) entièrement différentes des précédentes. Mais nous sommes assurés que le vecteur $(F) = (f_1) - (f)$ ne changerait pas. C'est un vecteur absolu, c'est *la force absolue exercée sur le point M par le champ électrique.*

Pour déterminer cette loi de force absolue, il nous suffit donc de faire des expériences, en rapportant nos mouvements à la Terre et faisant seulement varier leurs conditions initiales. La loi de force absolue ainsi obtenue sera valable quel que soit le trièdre de référence qu'il nous plaira ensuite de choisir. Mais, si nous voulons la nouvelle loi de force relative, il nous faudra modifier convenablement la force relative initiale, qui était la pesanteur.

Tout ce que nous venons de dire à propos du champ électrique pourrait se répéter en plaçant le point M non plus dans le vide, mais dans l'air. On arriverait ainsi à *la force absolue due à la résistance de l'air.*

D'une manière générale, imaginons qu'ayant étudié les mouvements du point M dans un milieu déterminé, par rapport à un certain trièdre (T), nous ayons obtenu une certaine loi de force relative (f). Produisons une perturbation quelconque, ayant pour effet de modifier le milieu. Il pourra arriver que nos mouvements soient changés et obéissent à une nouvelle loi de force relative (f_1). Le vecteur absolu $(F) = (f_1) - (f)$ sera appelé, dans ce cas, *la force absolue exercée par la perturbation* sur le point M. Il y aura lieu d'en faire l'étude expérimentale pour chaque espèce de perturbation donnée.

Quelques explications sont encore nécessaires au sujet du mot perturbation, employé à dessein, à cause de sa signification un peu vague.

Comment reconnaissons-nous qu'une perturbation s'est produite? Devons-nous attendre que les apparences physiques du milieu aient subi une modification quelconque tombant sous nos sens? La réponse est assurément négative et l'exemple du champ électrique en est la meilleure preuve. Imaginons les circonstances suivantes[1] :

Nous voulons étudier les lois de la chute des corps dans le vide. Mais le point M sur lequel nous opérons a été électrisé à notre insu. Au milieu de notre expérimentation, un mauvais plaisant nous gratifie d'un champ électrique insoupçonné. Immédiatement, nos mouvements changent et constituent une famille entièrement différente de celle qui se présentait tout d'abord. La loi de force relative est, elle aussi, nettement modifiée. Allons-nous conclure à l'inexactitude de l'axiome des conditions initiales? Non, certes. Nous allons admettre, *a priori*, qu'il s'est produit une perturbation inconnue et nous nous mettrons en devoir d'en rechercher la nature, jusqu'à ce que nous ayons découvert la plaisanterie dont nous avons été victimes.

D'une façon générale, nous reconnaissons donc la perturbation, non pas à des apparences plus ou moins sensibles, mais à la modification qu'elle apporte à la loi de force relative, c'est-à-dire, en somme, à la force absolue qu'elle exerce.

On conçoit, malgré le caractère facétieux que nous lui avons donné plus haut, combien peut être féconde, au point de vue scientifique, cette croyance *a priori* en l'axiome des conditions initiales. Au lieu de nous conduire à la découverte d'une mystification, elle peut nous conduire à la découverte fortuite d'un phénomène nouveau. C'est ainsi que Le Verrier, constatant des divergences entre les mouvements prévus par ses calculs pour la planète Uranus et les mouvements observés, entreprit, avec la foi du savant, la détermination de la force perturbatrice, calcula, sans l'avoir jamais vue, l'orbite de la planète productrice de cette force et annonça finalement, ce qui fut vérifié par l'expérience, que, tel jour, à telle heure, ladite planète devait se trouver dans telle direction. Il avait découvert Neptune.

Addition des forces absolues.— Le point M étant placé dans un milieu déterminé, produisons, dans ce milieu, une certaine perturbation P_1. Elle se traduit par l'application, au point M, d'une force absolue (F_1). Supprimons cette perturbation et, par conséquent, cette force absolue. Produisons maintenant une nouvelle perturbation P_2, d'où résulte une force absolue (F_2). Revenons une nouvelle fois à notre ancien milieu et produisons simultanément les deux perturbations P_1 et P_2. Il va prendre naissance une force absolue (F), dont nous ne pouvons logiquement rien dire *a priori*. Nous admettons néanmoins qu'elle est égale à la somme géométrique $(F_1) + (F_2)$. C'est là un troisième axiome expérimental, que nous appellerons l'*axiome de l'addition (ou du parallélogramme) des forces.*

Il s'étend immédiatement à la production simultanée d'un nombre quelconque de perturbations, dont l'effet est toujours la création d'une force absolue égale à la somme géométrique des forces

1. Il s'agit là d'une expérience toute théorique, dont la réalisation est peut-être impraticable; mais cela n'influe en rien sur nos considérations.

absolues obtenues en faisant agir successivement et séparément chacune des perturbations.

Réactions. — Reprenons notre point M, placé dans un milieu déterminé et soumis, par conséquent, à une certaine loi de force relative (f). Assujettissons-le maintenant à rester en contact avec certains autres points matériels, constituant des obstacles extérieurs, fixes ou mobiles, déformables ou non. Les mouvements que peut alors prendre le point M ne sont plus les mêmes qu'auparavant et constituent une nouvelle famille. Par suite, la loi de force (f) s'est nécessairement transformée. Autrement dit, les obstacles introduits constituent une perturbation du milieu, dont l'effet est la création d'une certaine force absolue, que nous appelons *la réaction exercée par ces obstacles sur le point M.*

Nous avons dit plus haut que nous assujettissions le point M à rester en contact avec d'autres points. Que faut-il exactement entendre par là ? Il ne peut s'agir évidemment d'une coïncidence géométrique, puisque aussi bien nous n'avons pas affaire à des points géométriques. Pour préciser la signification de ce contact physique, il faudrait pénétrer, plus que nous ne l'avons fait, dans la constitution de la matière. L'étude approfondie de la nature des réactions est une question fort délicate, que nous ne pouvons aborder ici. Contentons-nous de dire qu'on peut admettre, d'une façon générale, que deux points matériels M et M′ exercent l'un sur l'autre, quelle que soit leur position relative, une certaine force absolue, dirigée suivant MM′, mais qui ne devient sensible qu'à la condition que la distance MM′ soit suffisamment petite. En outre, ces deux réactions sont égales et opposées.

Voilà un quatrième axiome : *l'axiome (ou principe) de l'égalité de l'action et de la réaction.*

Forces de liaison. — Dans la pratique, les liaisons sont toujours réalisées matériellement par des contacts entre points matériels. Les forces de liaison qui en sont la conséquence ne sont donc pas autre chose que des réactions.

L'expression forces de liaison est surtout employée en Mécanique analytique, parce qu'elle dispense de préciser la nature et la distribution des réactions.

Problème général de la Dynamique. — Voyons maintenant à quoi correspond pratiquement le problème général de la Dynamique.

Imaginons un système matériel placé dans un milieu déterminé. On peut admettre que des expériences préliminaires, faites sur ce système, ou sur d'autres systèmes lui ressemblant plus ou moins, ont permis d'établir, tout au moins d'une manière approximative, la loi de forces relatives à laquelle obéit ce système. C'est ainsi que, si le système est seulement pesant, on s'appuiera sur les expériences relatives à la chute des corps (et à la résistance de l'air, si le système se meut dans l'air). S'il est soumis à des forces électriques ou magnétiques, on s'appuiera sur les lois expérimentales de l'électricité ou du magnétisme.

Si, outre ces forces connues, il existe des réactions, on pourra être obligé de faire des hypothèses supplémentaires sur celles-ci, hypothèses qui seront d'ailleurs encore dictées par des expériences particulières et qui, en fait, sont les lois du frottement.

Cela posé, on mettra le problème en équations. On intégrera, si on le peut, et l'on sera conduit à prévoir le mouvement que doit prendre le système, pour des conditions initiales données. Si les lois de forces sur lesquelles on s'est appuyé ne sont pas erronées, le mouvement prévu doit coïncider, dans une certaine approximation, avec le mouvement observé, si l'on réalise l'expérience.

Toutes les fois qu'il existe des divergences entre les deux catégories de résultats, on admet, non pas que les principes de la Mécanique sont faux, mais que la loi de forces a été mal déterminée. On cherche les forces étrangères qui ont pu être oubliées ou l'on corrige celles qui étaient inexactes. Jusqu'à présent, cette façon de procéder a toujours été couronnée de succès et c'est en cela qu'il faut voir *l'unique vérification des axiomes de la Mécanique.*

Logiquement, il n'est pas impossible qu'on découvre un jour un phénomène qui soit rebelle à toute explication reposant sur les principes actuels. Ce jour-là, le Mathématicien devra changer ses définitions et ses conventions, s'il ne veut pas poursuivre une science sans utilité pratique, et le Physicien devra changer ses lois. Mais c'est là le sort de toutes les théories qui veulent expliquer une catégorie étendue de faits. Elles s'adaptent, parfois merveilleusement, à la Nature, pendant plusieurs siècles, puis tombent dans l'oubli, parce qu'une expérience est venue arrêter leur essor. Elles n'en ont pas moins rendu d'immenses services et acquis le droit à la reconnaissance des savants futurs, quand bien même elles les feraient sourire.

Toutefois, malgré les idées émises par quelques physiciens contemporains, il ne nous semble pas que la Mécanique classique soit sur le point de disparaître, du moins tant qu'il ne s'agira que de l'utiliser pour l'explication des phénomènes

tombant directement sous nos sens ou sous les sens de nos instruments.

III. — Application de la Mécanique a l'Astronomie

Nous croyons devoir compléter ce qui précède, en montrant comment il convient d'appliquer nos définitions et conventions, quand on veut les utiliser pour l'étude de l'Astronomie.

Les principales observations et mesures ont porté sur les mouvements du Système solaire. Si l'on prend un trièdre de référence (T) ayant une orientation stellaire fixe et dont l'origine O soit au centre de gravité de ce système, une première approximation montre que, par rapport à ce trièdre, les mouvements des planètes obéissent aux lois de Képler. On peut en déduire une famille de mouvements comprenant ces derniers comme cas particuliers, la loi de force relative correspondante étant une attraction, émanant de O et inversement proportionnelle au carré de la distance à ce point.

Mais, si l'on pousse plus loin l'approximation, ou bien si l'on observe le mouvement d'un satellite, on constate que cette loi de force ne convient plus. On peut la corriger par l'introduction d'autres attractions émanant des différentes planètes. D'une façon générale, on obtient des résultats théoriques absolument conformes, aux erreurs expérimentales près, avec ceux des observations astronomiques, si l'on admet la loi de forces suivante :

Tout point matériel M de l'Univers est soumis, par rapport au trièdre précédent, à une force relative totale qui est la somme géométrique des attractions exercées sur ce point par tous les autres points matériels de l'Univers, conformément au *principe de la gravitation universelle*. C'est-à-dire que l'attraction réciproque qui existe entre deux points de masses m et m' et de distance mutuelle r est égale à $f\frac{m\,m'}{r^2}$, f désignant une constante numérique, dont la valeur ne dépend que du choix des unités et qu'on appelle la constante de la gravitation.

Ces différentes attractions doivent être considérées comme des forces absolues ; en sorte que si, par la pensée, on supprimait tout l'univers, sauf le point M, la force relative qui serait appliquée à ce dernier serait nulle ; le mouvement qu'il prendrait serait rectiligne et uniforme.

La même loi de force subsiste si l'on choisit un trièdre de référence animé, par rapport à (T), d'une translation rectiligne et uniforme. Un tel trièdre est appelé *trièdre absolu* par M. Painlevé.

Existe-t-il un trièdre absolu parmi les trièdres absolus ? On peut être conduit à l'admettre par diverses considérations.

Les unes sont d'ordre astronomique et se présentent quand on étudie le mouvement d'ensemble du système solaire dans la Voie lactée ou d'une étoile dans sa nébuleuse. On peut aller plus loin et considérer les mouvements de la Voie lactée elle-même ou des différentes nébuleuses. Pour que ces mouvements soient simples dans leur ensemble et soustraits à toute espèce de particularité, on conçoit qu'il soit nécessaire de les rapporter à un trièdre déterminé (T_0), d'ailleurs absolu, au sens précédemment défini, de même que les mouvements des planètes n'obéissent aux lois de Képler que si on les rapporte au trièdre (T) mentionné plus haut.

Ce trièdre (T_0) doit être assez naturellement regardé comme jouant un rôle en quelque sorte plus absolu que le trièdre (T). Mais il est bien clair que, malgré tout, cet absolu est encore relatif et conventionnel.

On arrive à des conclusions analogues par des considérations qui ressortissent à la Physique.

On a mesuré, comme on sait, la vitesse de propagation de la lumière. Il s'agit là, bien entendu, de la vitesse par rapport à la Terre. Logiquement, cette vitesse ne saurait être égale à la vitesse par rapport au Soleil. Mais il y a plus. Si l'on admet que la lumière se propage, par rapport à la Terre, avec la même vitesse dans toutes les directions, il ne saurait en être de même par rapport au Soleil, ni par rapport à aucun trièdre qui ne soit invariablement lié à notre globe. Il ne peut logiquement exister qu'un seul trièdre de référence par rapport auquel la vitesse de la lumière soit la même dans toutes les directions. Ce trièdre est-il le trièdre (T_0) ?

Nous n'en savons rien. En tout cas, il semble, *a priori*, assez peu probable qu'il soit lié à la Terre. Et s'il en est ainsi, le mouvement absolu du globe terrestre doit exercer une certaine influence sur la vitesse de la lumière à sa surface. Des expériences récentes et très précises ont montré que cette influence était nulle ou tout au moins inférieure à ce qu'elle devrait être théoriquement. Il y a là une contradiction, qui n'a pu être expliquée qu'avec le secours d'hypothèses très compliquées : temps local, principe de relativité, contraction des corps dans le sens de leur vitesse absolue.

Les mêmes conclusions sont imposées par les théories modernes, construites en vue de donner une explication mécanique à tous les phénomènes lumineux, électriques, calorifiques actuellement connus. Dans toutes ces théories, le trièdre de référence qui joue le rôle de trièdre absolu

est invariablement lié à l'éther. Arrivera-t-on jamais à lui découvrir quelque parenté avec un trièdre absolu d'origine astronomique ? Ou bien la Nature est-elle ainsi faite que, par l'artifice du principe de relativité, elle puisse se dérober éternellement à cette troublante énigme ? C'est là une question à laquelle nous n'avons pas qualité pour répondre.

J. Haag,
Professeur à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

LA CONSTRUCTION DES NIDS CHEZ LES INSECTES

Parmi les animaux, qu'ils appartiennent aux espèces élevées ou inférieures, on rencontre des types qui savent suivant des procédés très différents, tantôt avec un grand art, tantôt avec les méthodes les plus simples, créer des abris protecteurs pour eux-mêmes ou pour leur descendance.

Dans le monde des insectes, cet art prend les formes les plus diverses, mais nous ne pourrons donner ici que quelques exemples pris parmi des milliers.

I

Le matériel de nidification a des origines multiples : tantôt il est tiré du règne végétal, tantôt du règne minéral, par exemple terre, argile, etc. Enfin la masse totale du nid peut être aussi un produit de sécrétion de l'insecte, comme on le voit dans les cellules des abeilles, constituées entièrement de cire.

Chez les abeilles d'Europe, toutes les cellules, qu'elles soient destinées à contenir les jeunes larves ou simplement le pollen, sont de la même forme, les cellules des bourdons étant simplement plus grandes. On trouve dans l'Amérique du Nord d'autres abeilles qui confectionnent des cellules telles qu'avec un travail moindre elles obtiennent des résultats pratiques remarquables. Ces abeilles (Mélipones) ne possèdent pas d'aiguillons. Comme beaucoup d'autres abeilles sauvages, elles font leur nid dans des troncs creux, où elles accumulent de la cire et du miel en grandes quantités. Les cellules destinées aux larves, placées au milieu de ces masses de cire, sont hexagonales et à peu près de la même forme que celles des abeilles communes ; mais, à l'inverse de celles-ci, qui sont construites dos à dos sur deux rangs, avec ouverture horizontale, celles des Mélipones sont construites sur un seul rang, avec ouverture toujours dirigée vers le haut. Tout autour de ces cellules hexagonales, existent de grandes cellules de formes très différentes, à grandes ouvertures et exclusivement destinées à recevoir le pollen. Les Mélipones, seules dans la famille des abeilles avec les Frigones, ont réalisé des économies de construction : au lieu d'établir laborieusement, avec une précision mathématique, des cellules hexagonales, quelle que soit leur destination, elles les réservent uniquement à leurs larves, construisant des cellules plus simples pour les approvisionnements. Les nids des Mélipones construits dans l'intérieur des arbres peuvent atteindre une longueur de plus d'un mètre. Si le creux de l'arbre est trop grand, elles le limitent à l'une ou l'autre extrémité par la construction d'une paroi ; mais au lieu d'employer de la cire, toujours laborieusement produite, elles utilisent de la terre, agglutinée avec un liquide qu'elles sécrètent. Ce même mélange est employé pour réduire l'entrée du nid à une simple ouverture ne permettant le passage que d'une seule abeille à la fois ; la nuit, ce passage est fermé. Ces précautions sont justifiées par l'absence d'aiguillon, qui les laisse sans défense. Les cellules des larves, situées au centre du nid, toujours vis-à-vis de la sortie, sont spécialement protégées par des lamelles de cire fine, et, ainsi que nous l'avons dit plus haut, entourées par les cellules à provisions en forme de pots. Si les Mélipones ne trouvent pas d'arbres creux, elles construisent, à l'aide du mélange dont nous avons déjà parlé — terre et sécrétion spéciale (propolis — un véritable nid, percé de couloirs irrégulièrement ramifiés et qui a quelque ressemblance avec les nids de termites.

Une particularité s'observe chez les « Xylocopes », espèce voisine des Mélipones. Ces Xylocopes, les plus volumineux de tous les bourdons, sont répandus dans les régions les plus chaudes de l'Afrique, l'Asie et l'Amérique. Ils font leurs nids dans les vieux troncs et dans les bois morts qu'ils rongent avec leurs fortes mandibules. Dans le creux ainsi obtenu, la femelle réunit une masse de miel et de pollen destinée à la nourriture des larves. Sur cette masse, un œuf est déposé, puis la chambre est fermée par une lamelle de bois qui va constituer le fond de la chambre suivante. De cette façon, elle construit une

colonne constituée par une série de cellules superposées. Après trois semaines environ, la larve devient adulte et se transforme en chrysalide à l'intérieur d'un cocon ; la larve la plus basse et la plus âgée est par suite la première à sortir à l'état d'imago. Mais comment pourra-t-elle sortir? Devra-t-elle attendre que les autres larves, plus jeunes qu'elle, aient accompli leur évolution définitive, ou se fraiera-t-elle un passage à travers toutes les cellules situées au-dessus d'elle, risquant ainsi de tuer tous ses frères et sœurs? Ici,

Fig. 1. — *Nid de* Chartergus Chartarius (Musée de Stockholm). Grandeur naturelle : 38 cm.

l'insecte fait voir une accommodation toute particulière : comme s'il avait conscience du danger qu'il peut faire courir à d'autres larves, il adopte un autre chemin. Avec ses fortes mandibules, il s'ouvre un passage à travers le tronc, et les autres suivent le même chemin, chacun rongeant le plancher de sa propre cellule; toute la colonie se trouve libérée, grâce à l'industrie de la première.

Plus encore que les abeilles, les Vespidées sociales nous étonnent par leur nid artistement constitué, et il est rare de trouver des insectes aux mœurs si belliqueuses se livrer à un travail si consciencieux et si pacifique. On trouve encore ici des gâteaux simples, avec ouvertures dirigées vers le bas, qui ne sont pas fabriqués de cire, mais d'une masse principalement composée de substances végétales finement pulvérisées et agglutinées par un produit de sécrétion chitineuse. En examinant avec attention différents nids, on constate que la consistance des uns est élastique et résistante, tandis que celle des autres est tendre et fragile, suivant les matériaux utilisés par l'insecte. Dans le deuxième cas, la masse est constituée par de longues cellules de liber, et dans l'autre de cils végétaux. Le produit fragile, chez certaines espèces, est formé de parenchyme d'écorces de bois différents et présente un aspect rubané.

La forme de nid la plus simple se trouve chez les *Belenogaster*. Ces Vespidées, grandes, sombres, au vol silencieux, habitent spécialement les régions chaudes de l'Afrique. Leurs nids sont constitués par des alvéoles réunies au sommet d'une tige commune sans protection extérieure. Mais un grand nombre de ces espèces ne se contentent pas de nids aussi rudimentaires, et ajoutent des systèmes de protection différents. Nous ne citerons ici que le *Chartergus Chartarius*, espèce qui habite l'Amérique tropicale; ses nids (fig. 1) atteignent un demi-mètre de longueur, et se composent d'un grand nombre d'étages communiquant par un orifice central. A mesure que la colonie s'accroît, un étage nouveau est édifié sous le précédent, la paroi enveloppante étant démolie, puis reconstruite pour englober le nouvel étage.

II

Dans tous les cas cités jusqu'ici, il n'a été question que de la protection assurée à leurs larves par des insectes arrivés à l'état adulte; mais certaines larves, qui mènent une vie libre et vagabonde, savent préparer l'abri nécessaire à la chrysalide qui, elle, est sans défense. Ainsi, chez les chenilles processionnaires (*Cnethocampa*, *Anaphes*, *Hypsoïdes*, etc). Les larves d'Anaphe, que j'ai eu l'occasion d'étudier en Afrique occidentale, envahissent en colonne un tronc d'arbre. Elles grimpent à la naissance d'une branche et y forment un gros cocon commun (fig. 2), constitué en partie par leurs longs poils. Dans l'intérieur de cette enveloppe, chaque larve s'entoure d'un cocon de soie, et dans le cocon de soie, elle construit une capsule à tissu parcheminé qui sera la dernière protection avant la peau même de la chrysalide, dans laquelle elle attendra le passage au stade imago.

Tandis que, chez les Anaphes, les insectes quittent le nid au niveau de la branche de soutien, et sans qu'il reste de trace de leur sortie, chez les Hypsoïdes, la sortie s'effectue par une

série de trous individuels, ce qui donne au nid abandonné l'aspect d'un crible (fig. 3).

Dans les régions tropicales, on rencontre sur les murs, sur les pierres, des nids en terre de 0 m. 06 à 0 m. 10 environ de longueur, ayant une forme irrégulièrement ovale, appartenant aux Sphégides (*Sceliphron*).

D'autres nids, à formes plus rondes, établis sur les branches ou les troncs des arbres, sont construits par des guêpes (*Eumenes*).

Les nids se trouvent en Afrique, principalement dans les lieux habités. Si nous examinons de près ces constructions de terre en apparence compactes, on voit qu'elles sont constituées par un certain nombre de cellules disposées parallèlement, à surface interne unie, qui, lorsque la sphégide les a remplies d'araignées destinées à l'alimentation des larves, sont fermées si soigneusement par un bouchon de terre que l'entrée en devient invisible.

Pour s'emparer de l'araignée, la sphégide doit souvent entreprendre une lutte acharnée, grâce à un aiguillon formidable : si l'insecte réussit à piquer sa proie, il peut facilement en être maître; mais l'araignée n'est pas sans défense. Avec une rapidité étonnante, elle projette des fils gluants, et une lutte commence entre les deux adversaires. La sphégide s'approche avec prudence de la toile de l'araignée et, par une manœuvre habile, réussit souvent à piquer l'araignée; mais les fils sont gluants : une imprudence... et les ailes se collent; aussitôt l'araignée l'immobilise dans un réseau de fils et la dévore. Quand la sphégide réussit à toucher l'araignée, sa piqûre ne provoque pas la mort immédiate, mais détermine un état paralytique; si l'araignée en effet était tuée, elle ne pourrait être conservée comme réserve alimentaire, tandis que, simplement paralysée, elle survit sans se putréfier, tout en restant inoffensive pour la larve qui, à cette heure, est complètement désarmée. On trouve ordinairement environ quinze araignées dans chaque cellule, dont la partie inférieure est occupée par la larve de la sphégide, qui se transforme en chrysalide, à l'intérieur d'une capsule brun rouge parcheminée, après avoir consommé la dernière araignée.

Fig. 2. — *Nid d'*Anaphe infracta *du Cameroun* (Musée de Stockholm). Grandeur naturelle : 17 cm.

Fig. 3. — *Nids d'Hypsoïdes de Madagascar* (Musée de Stockholm). Le nid à gauche, grandeur naturelle : 40 cm.

III

Si certains insectes établissent leurs nids au-dessus du sol, d'autres cherchent à abriter leur descendance sous terre. Parmi ceux-ci, nous pouvons citer l'*Ateuchus* sacré, appartenant au groupe des Coprophages.

Les Coprophages sont représentés par plusieurs espèces, dont quelques-unes sont caractérisées par des élytres aux couleurs brillantes et métalliques. Leur boule de provisions, d'origine connue, sert indifféremment à leur propre alimentation ou à celle de leurs larves. Dans le premier cas, la boule est poussée dans une cachette, pour y être consommée peu à peu; dans l'autre cas, le coprophage y introduit un œuf et l'enterre.

Fig. 4. — *Le* Scarabæus pustulatus *roulant ses boules* (Musée de Stockholm).

Dans les plaines de l'Afrique orientale, on peut voir, à la fin de septembre et pendant le mois d'octobre, ces insectes, et surtout le grand scarabée noir (*Scarabæus pustulatus*) fabriquer et rouler leurs boules (fig. 4). Leurs facultés à découvrir les matériaux qui leur sont nécessaires sont surprenantes; ainsi, alors que, pendant toute la journée, on n'a pas aperçu un seul de ces insectes, on les voit accourir autour des antilopes que les chasseurs viennent d'abattre.

Il est fort curieux de voir un scarabée façonner sa boule, opération pendant laquelle il a souvent à lutter contre sa propre famille. Avec le bord antérieur, aplati et denteléde sa tête, il détache en tournant un fragment suffisant pour constituer la boule future; puis, dans un mouvement rapide, il le libère et l'arrondit; et, s'appuyant sur ses pattes antérieures, il roule avec ses pattes postérieures la boule ainsi constituée. Pendant tout ce travail, il déploie une grande activité, mais c'est le moment où ses congénères cherchent à s'emparer du fruit de ses peines : une lutte s'engage, pendant laquelle la boule peut changer plusieurs fois de propriétaire, et le vainqueur s'efforce alors de mettre sa boule en sûreté, soit qu'il la destine à sa propre consommation, soit à celle de ses larves.

Dans l'exemple précédent, ce sont les parents qui assurent un abri et une réserve alimentaire pour l'évolution de la larve; chez d'autres espèces, ce sont les larves elles-mêmes qui assurent leur alimentation et les voies de sortie quand leur transformation est terminée. Chez les Cicades, qui vivent sous les Tropiques et contribuent par leur chant au concert que l'on entend perpétuellement pendant la saison sèche, les larves, au moment de se transformer en insectes parfaits, s'enfoncent dans la terre à 0 m. 40 environ. En creusant leur trou, elles sécrètent un liquide qui, en amenant le durcissement des parois, assure le maintien permanent du passage. La quantité de liquide sécrété pour enduire ce tube de près d'un demi-mètre de longueur est considérable, et l'insecte n'y pourrait suffire s'il ne trouvait des sources nécessaires à alimenter son appareil sécréteur. L'examen attentif du nid montre l'existence de racines mises à nu, dans lesquelles la larve, avec sa trompe, puise la sève. Son puits, solidement maçonné, lui permet de se rapprocher de la surface du sol pendant les heures chaudes et de s'enfoncer au contraire pour éviter le froid.

IV

Une forme spéciale de nidification se rencontre chez certaines fourmis qui forment leurs nids dans des galles.

Dans les plaines de l'Afrique orientale, l'attention est souvent attirée par des acacias de petite taille, aux épines longues, qui de loin ont l'air d'être couverts d'un grand nombre de boules noires ressemblant à des pommes, et qui sont des galles creuses, habitées par de petites fourmis (*Cremastogaster tricolor*). Si on touche à ces galles, toutes les habitantes en sortent par une

série de petits orifices; de l'extrémité de leur abdomen élevé verticalement, s'écoule un liquide blanc, malodorant, qui vient imprégner les galles, les feuilles et les branches.

Les jeunes galles ont une couleur verte, et un intérieur solide, atteignant parfois la grosseur d'une noix; les fourmis enlèvent peu à peu la substance médullaire, de telle sorte que l'intérieur de la galle constitue finalement une chambre aux parois lisses et polies.

La galle offre alors une couleur de suie et une consistance ligneuse. Quand le vent souffle dans la plaine, les boules creuses, percées de trous, rendent des sons faibles, étranges, rappelant le murmure des agrès ou le son d'une harpe éolienne, d'où leur nom d'acacias-flûtes.

Si les œufs, larves et chrysalides des fourmis étaient placés dans la cavité de la galle sans aucune précaution, ils se trouveraient exposés à chaque coup de vent à être projetés les uns contre les autres ; pour éviter ce danger, les fourmis ont constitué avec la substance intérieure de la galle, ayant l'aspect de l'amadou, une série de rayons et de cases où sont placées les larves et les chrysalides.

Il existe réellement une sorte de symbiose entre les fourmis et les acacias, mais qui profite de cette symbiose? Dans les galles, les fourmis trouvent une protection pour leurs larves et pour elles-mêmes ; d'autre part, les fourmis ne causent aucun dommage aux acacias et assurent leur protection contre de nombreux ennemis. Les girafes, les antilopes et les gazelles sont éloignées par la présence de ces fourmis aux sécrétions nauséabondes.

V

On trouve encore dans le monde des insectes des cas où l'animal adulte utilise ses larves pour la construction du nid : c'est chez certaines fourmis tisseuses (*Œcophylla*, *Camponotus* et *Polyrhachis*) qu'on trouve cette disposition singulière. Les *Œcophylla*, qui habitent l'Asie, l'Afrique et l'Australie, construisent leurs nids dans les feuilles de certains arbres en les réunissant à l'aide de fils de soie (fig. 5).

L'étude de ces fourmis permet d'observer un des phénomènes les plus curieux de la biologie des êtres.

Si le nid est déchiré de telle sorte que les feuilles soient écartées les unes des autres, on voit immédiatement les fourmis se précipiter au dehors : alors que les unes se chargent de la défense contre l'ennemi présumé, les autres s'empressent de réparer le dommage causé.

De l'un des bords de la déchirure, les ouvrières s'efforcent d'atteindre, avec leurs mandibules, les bords de la feuille voisine et de les attirer à elles pour fermer la déchirure. Mais la distance est souvent trop grande; elles forment alors entre elles une chaîne vivante : une fourmi saisit avec ses mandibules une de ses camarades par la taille pour qu'elle puisse atteindre le bord de la feuille voisine; si la distance est encore trop grande, une troisième vient s'adjoindre aux deux

Fig. 5. — *Nid d'*Œcophylla *de l'Australie* (Musée de Stockholm.) Grandeur naturelle : 20 cm.

autres, et parfois la chaîne est constituée par cinq à six fourmis. Ce travail est très fatigant : il faut quelquefois plusieurs heures pour assurer le contact des deux feuilles; à ce moment les ouvrières s'efforcent de nettoyer et de polir les bords des feuilles, mais comment constituer les adhérences nécessaires pour maintenir l'accolement, puisque les fourmis adultes n'ont pas de glandes sétifères? C'est alors que se produit une intervention tellement étonnante que les naturalistes mirent en doute les premières observations faites à Singapour en 1890. Quand le nettoyage est complètement terminé, plusieurs ouvrières arrivent de l'intérieur du nid portant une larve entre les mandibules; la larve est tenue par la

taille, la tête en haut; c'est donc leurs propres larves qui vont servir à la confection du réseau de soie qui réunira les feuilles. Sous la pression, sans doute, des mandibules, la larve excrète par la bouche un liquide qui en se solidifiant forme un fil de soie; en portant successivement la tête de la larve sur les bords des deux feuilles, la fourmi obtient un réseau qui en assure l'adhérence; par le même mécanisme sont formées les parois internes du nid, la larve fonctionnant ainsi comme rouet et comme bobine.

L'examen anatomique de ces larves montre que les glandes sétifères atteignent chez elles des dimensions inconnues chez les autres Hyménoptères.

VI

Au point de vue scientifique, en présence de ces manifestations si complexes, la question se pose de savoir si elles sont des expressions de l'intelligence, les insectes agissant en ayant conscience de la valeur des procédés et du but à atteindre, ou si elles relèvent simplement de l'instinct, les insectes restant incapables de raisonnement.

Si les animaux étaient de simples mécanismes, sans aucune spontanéité, on devrait toujours observer dans leurs constructions un ensemble de travaux rigoureusement identiques; or, chez certaines espèces tout au moins, on trouve une adaptation remarquable aux variations du milieu ambiant, ces adaptations pouvant, si les causes persistent, se transformer en caractères héréditaires.

L'éminent myrmécologiste et psychologue Forel résume ainsi les observations poursuivies pendant plus de vingt ans sur la psychologie des insectes :

« Tous les caractères de l'âme humaine peuvent dériver des caractères des animaux supérieurs, et tous les caractères des animaux supérieurs peuvent dériver des caractères des animaux inférieurs; en d'autres termes la formule évolutionniste s'applique aussi bien au domaine psychologique qu'au domaine physiologique. »

Prof. Dr Y. Sjostedt,
Conservateur de la Collection entomologique
au Musée royal d'Histoire naturelle de Stockholm.

L'ODYSSÉE DE L'EXPÉDITION ARCTIQUE CANADIENNE

Il est peu d'explorations polaires qui aient passé par des péripéties aussi tragiques que l'Expédition arctique canadienne, dirigée par V. Stefansson. Aussi nous a-t-il paru intéressant de donner ici quelques détails sur le but qu'elle se proposait et les sombres heures qu'elle a traversées [1].

I

L'idée première de cette expédition revient à V. Stefansson, voyageur déjà connu par ses explorations du fleuve Mackenzie, des côtes septentrionales du Canada et des îles qui les bordent, et par sa découverte, sur la Terre Victoria, d'une tribu d'Esquimaux d'un type très blond et à caractères européens marqués. Six années de séjour parmi les Esquimaux de ces régions lui avaient permis de connaître à fond leur langue et leurs coutumes et de se rendre compte des ressources de ces solitudes glacées.

Le plan général de Stefansson était d'explorer la mer de Beaufort et de rechercher de nouvelles terres qui, d'après lui, doivent exister au NW de la Terre Victoria. L'amiral Peary avait approuvé ce plan, et deux institutions américaines, la Société américaine de Géographie et le Musée américain d'Histoire naturelle, avaient offert de couvrir par moitié les frais de l'Expédition. Mais le Gouvernement canadien, sur le territoire duquel l'exploration devait porter, exprima le désir d'en payer toutes les dépenses, et c'est ainsi que l'Expédition Stefansson devint l'*Expédition arctique canadienne*.

Stefansson fit appel, pour les recherches scientifiques, au concours de M. James Murray, de Glasgow, naturaliste de la première expédition antarctique Shackleton; de M. W. L. Mc Kinlay, de Glasgow, ancien assistant du Dr W. S. Bruce; de M. Forbes Mackay, d'Edimbourg, chirurgien et membre de l'Expédition au mont Erebus et au pôle magnétique sud; de M. Beauchat, anthropologiste, de Paris; de M. B. Mamen, topographe; de M. G. Malloch, géologue, et de M. Mc Connell, météorologiste.

Il choisit comme navire un baleinier, le *Karluk*, qui avait déjà fait plusieurs croisières dans les mers polaires, dont on renforça la coque, et il en confia le commandement au capitaine Bartlett, bien connu pour son expérience des glaces arctiques.

1. Voir pour plus de détails le n° de juillet 1913 du *Bulletin of the American Geographical Society*, et B. M. Mc Connell : The rescue of the Karluk Survivors. *Harpers Monthly Magazine*, n° 777, p. 349-360 (févr. 1913).

Le 1er juin 1913, le *Karluk* quittait Vancouver pour Port-Esquimalt, puis pour Nome, dans l'Alaska, où il embarquait une troupe d'Esquimaux (dont une femme avec ses deux enfants) destinés à aider l'Expédition dans les voyages sur la glace. Puis le 21 juillet le navire faisait route pour l'Océan arctique par le détroit de Behring.

Un navire auxiliaire, le *Mary Sachs*, devait partir peu après pour ravitailler l'Expédition à Collinson Point, mais il fit naufrage en novembre sur la côte nord de l'Alaska, de sorte qu'il ne fut d'aucun secours pour Stefansson et ses compagnons.

En août, tandis que le *Karluk* se dirigeait vers la Terre du Prince Patrick, il fut entouré par les glaces près de Point Barrow, au nord de l'Alaska, et emprisonné. Dans l'impossibilité de se dégager, il fut entraîné le long de la côte septentrionale de l'Alaska jusqu'au commencement de septembre, date où le champ de glaces qui le retenait devint stationnaire.

Le navire paraissant en sûreté dans ses quartiers d'hiver forcés, Stefansson résolut de se rendre à la côte — distante d'environ 30 kilomètres à travers la glace — pour y chasser le caribou, afin de prévenir le scorbut par une alimentation en vinnde fraîche.

Une escouade de 6 personnes, comprenant le chef de l'expédition, le météorologiste Mc Connell, deux Européens et deux Esquimaux, se mit en route. Deux jours après éclatait une furieuse tempête de NE, qui continua pendant 4 jours. A ce moment, l'escouade, réfugiée sur une bande de sable à 8 kilomètres du continent, s'aperçut que le *Karluk* avait dérivé vers l'ouest avec la glace, et dans l'impossibilité de le rejoindre, elle gagna la terre d'où elle partit immédiatement à l'ouest vers Point Barrow. Arrivée là, après avoir franchi en 9 jours 280 kilomètres, elle apprit que le *Karluk*, toujours emprisonné par les glaces, y avait passé une semaine auparavant.

Il ne pouvait être question de le suivre. Aussi Stefansson, après s'être approvisionné et équipé complètement, repartit vers l'est avec Mc Connell et Wilkins et, après un trajet de près de 500 kilomètres, il atteignit le 15 décembre Collinson Point.

En janvier il fit une excursion jusqu'à Fort Macpherson, près du delta du fleuve Mackenzie, et il revint en mars pour préparer un voyage d'exploration sur la glace, au nord de Martin Point, à la recherche d'une terre nouvelle. Sa troupe, composée de lui-même et de six hommes, quitta Martin Point avec quatre traîneaux à chiens le 22 mars 1914.

Mc Connel l'accompagna vers le nord pendant 16 jours, et le 6 avril ils arrivèrent au bord du haut fond continental découvert par Leffingwell et Mikkelsen en 1907. Stefansson renvoya alors une partie de l'expédition à la côte, en disant à Mc Connell qu'il marcherait droit devant lui pendant 15 jours avant de retourner. Il garda avec lui Storker Storkersen et Ole Anderson, hommes d'expérience, les six meilleurs chiens, le meilleur traîneau, deux fusils, des rations pour 50 jours pour les chiens et pour 60 jours pour lui et ses compagnons.

Depuis ce jour-là, on n'a plus eu de nouvelles de Stefansson. Peut-être les vents et les courants l'ont-ils porté assez près de la Terre de Banks

Fig. 1. — *Régions parcourues par l'Expédition arctique canadienne.*

pour tenter d'y atterrir. Mais l'eau libre l'en a probablement empêché, car deux baleiniers ont cherché sans succès sur la côte sud-ouest des feux ou des signaux des explorateurs. Le problème de la nourriture ne s'est sans doute pas posé pour eux, car les animaux étaient nombreux dans cette région et les trois hommes étaient d'excellents tireurs; aussi, d'après Mc Connell, pourront-ils subsister même en étant forcés de vivre longtemps sur la banquise, et le devoir s'impose d'envoyer une expédition de secours à leur recherche.

II

Pendant ce temps, le *Karluk* continuait à dériver tranquillement dans la direction générale de l'île Wrangel située au nord de la Sibérie. Le 6 octobre, alors qu'il se trouvait à 40 kilomètres au nord de Point Barrow, la profondeur était encore de 20 brasses; après avoir dérivé pendant 5 jours au nord, le fond se trouvait déjà à près de 2.000 mètres. Le plateau sous-marin

continental est donc très étroit au large de cette partie de l'Alaska. Le 11 novembre, par 162° de longitude et 73° de latitude, la profondeur n'était plus que de 90 mètres.

Trois jours après Noël, les hommes restés à bord aperçurent de nouveau la terre, à une soixantaine de kilomètres de distance, qu'ils prirent pour l'île Wrangel, alors que c'était en réalité l'île Herald.

Le capitaine Bartlett, qui en l'absence de Stefansson avait pris le commandement de l'expédition, avait fait retirer des cales du navire des provisions pour plusieurs mois, qui avaient été empilées sur la glace tout autour, recouvertes de toile, puis de neige, et cette construction formait un refuge confortable qui avait été nommé le « Camp du Naufrage ».

Les ouragans du NE étaient fréquents, et le navire soumis à de fortes pressions. Le soir du 11 janvier, pendant que les occupants écoutaient un concert de phonographe, des craquements sinistres se firent entendre. Les hommes sentant leur bateau condamné se mirent aussitôt à l'œuvre pour sauver tout ce qu'ils purent, en premier lieu les 27 chiens dont l'aide seule devait permettre la retraite vers la terre la plus proche. Bientôt après, l'eau pénétrait dans la cale, et le *Karluk* s'enfonçait lentement sous la glace.

L'expédition se réfugia dans le « Camp du Naufrage », précédemment établi et heureusement assez bien pourvu de tout le nécessaire. Quand les jours s'allongèrent après le retour du Soleil, le capitaine Bartlett envoya une avant-garde de 7 hommes dans la direction de l'île Wrangel pour préparer une piste destinée à faciliter le retour vers la terre ferme. Leur tâche fut des plus difficiles, par suite des aspérités de la glace qui les obligeaient souvent à hisser les traîneaux avec des cordes jusqu'au sommet et à les redescendre de l'autre côté de la même façon. Après avoir franchi environ 65 kilomètres, ils furent arrêtés par la mer libre à quelque distance de l'île Herald — qu'ils prenaient pour l'île Wrangel. Ils emmagasinèrent sur la glace les provisions qu'ils apportaient, puis Mamen, l'assistant topographe, et deux Esquimaux retournèrent avec les chiens et les traîneaux au « Camp du Naufrage », tandis que leurs quatre autres compagnons restaient là avec les provisions déchargées.

Contre le désir du capitaine Bartlett et en opposition avec l'avis d'autres membres de l'Expédition, un autre groupe se décida à quitter le « Camp du Naufrage » peu après le départ du premier. Il comprenait MM. Mackay, Murray, Beuchat et un matelot. Une tempête terrible s'éleva quelque temps après, et on ne revit pas ce petit groupe, non plus que les quatre hommes qui étaient restés avec les provisions près de l'île Herald. L'ouragan détacha probablement la glace sur laquelle ils étaient campés et les envoya à la dérive avant qu'ils eussent atteint aucune terre.

Le 18 février, les survivants commencèrent leur retraite vers l'île Wrangel, qu'ils atteignirent le 12 mars au prix de mille difficultés, à travers les blocs de glace amoncelés, dont la hauteur augmentait à mesure qu'on se rapprochait de la terre jusqu'à atteindre 60 mètres.

« Keruk, la femme esquimaude, — raconte Mc Connell[1], — gagna l'admiration générale. Chaque jour, elle traça la piste avec les hommes, et fit autant de travail qu'eux. Elle n'était jamais fatiguée et se plaignait rarement. Les vêtements en peau qu'elle fabriqua furent d'une valeur inestimable. Son bébé était placé sur un traîneau, tandis que sa fille de 4 ans cheminait à pied à côté d'elle. Quelquefois, cependant, sa mère dut la porter pendant des kilomètres. »

Pendant qu'un camp confortable était établi et laissé sous la direction du mécanicien en chef Munro, le capitaine Bartlett, avec un jeune Esquimau, pourvus d'un traîneau et de sept chiens, tentaient de gagner la côte sibérienne à travers le Long Sound pour chercher des secours. Là encore les tempêtes et la glace mouvante exposèrent les deux hommes à de terribles difficultés. Après avoir atteint la terre ferme, où ils rencontrèrent des natifs qui vinrent à leur aide, ils suivirent la côte jusqu'au Cap Deshnef (ou Cap Est), où ils rencontrèrent le baron Kleist qui les invita à l'accompagner à sa maison d'Emma Harbour, où les chances de trouver un baleinier étaient plus grandes. Ils y arrivèrent au milieu de mai, et y rencontrèrent, en effet, l'*Herman*, dont le capitaine, M. Pederson, se mit aussitôt à leur disposition pour les conduire à Nome. A cause de l'état des glaces, cette ville ne put être touchée, et l'*Herman* débarqua le capitaine Bartlett à Saint-Michael, où il put se mettre en relations télégraphiques avec le Gouvernement canadien.

A la requête de ce dernier, le Gouvernement des Etats-Unis envoyait en août le cutter des douanes *Bear*, commandé par le capitaine Cochran, prendre à son bord le capitaine Bartlett pour tenter ensuite de sauver les membres de l'Expédition restés à l'île Wrangel. Mais celui-ci ne put parvenir à moins de trente kilomètres de l'île entourée de glaces. Le Gouvernement russe, à

1. *Loc. cit.*, p. 352.

la demande du Canada, avait envoyé de son côté, par la mer de Kara, deux puissants brise-glaces, le *Taimyr* et le *Wiegatch*, capables de se frayer un chemin dans la banquise, mais l'ouverture des hostilités en Europe l'obligea à les rappeler par télégraphie sans fil. Un baleinier américain tenta également sans succès d'approcher de l'île Wrangel.

III

Tout espoir semblait perdu de parvenir dans l'été aux survivants de l'Expédition Stefansson, condamnés à passer encore un hiver dans les glaces, lorsque le commandant du petit baleinier *King and Winge*, Olaf Swenson, qui se trouvait à Nome, ayant appris de Mc Connell, météorologiste de l'Expédition, alors de retour du point où il avait quitté Stefansson, la situation critique de ces hommes, se résolut à tenter l'aventure.

Le 3 septembre, le *King and Winge* partait de Nome, avec Mc Connell à son bord. Le lendemain, il atteignait le Cap Deshnef, où Swenson engageait 15 Esquimaux avec un *umiak* ou bateau en peau, destiné à servir au cas où le navire ne pourrait s'approcher de l'île. L'umiak serait transporté sur la glace, puis relancé là où l'on retrouverait l'eau libre.

Le navire reprit sa marche et bientôt les montagnes de l'île Wrangel apparurent à l'horizon. Mais la glace se faisait de plus en plus dense et le bateau n'avançait qu'avec peine. Il arriva enfin en vue des falaises de granit qui environnent Rodgers Harbor, point où les survivants devaient se trouver d'après le capitaine Bartlett. A 8 kilomètres de la baie, on retrouva l'eau libre et l'approche devint plus facile.

Une petite tente fut signalée par la vigie, puis un mât de pavillon et une croix. A 800 mètres, on vit un homme émerger de la tente, et regarder le navire comme s'il n'en croyait pas ses yeux; deux autres le rejoignirent, apportant un drapeau britannique, qu'ils hissèrent à mi-mât, en signe de deuil. Etait-ce donc tout ce qui restait de l'Expédition?

L'umiak fut mis à l'eau et bientôt Swenson, M. Connell et les Esquimaux abordaient sur le rivage et s'empressaient à la rencontre des trois hommes. C'étaient le mécanicien en chef Munro, un chauffeur et le steward, les vêtements en loques, les cheveux longs, le visage émacié, portant la trace de longues souffrances et de privations. Ils avaient perdu tout espoir d'être sauvés. Il ne leur restait plus qu'un fusil et douze cartouches pour se procurer de la nourriture; ils avaient des allumettes et du bois flotté, mais leurs vêtements étaient insuffisants pour passer un autre hiver. Deux de leurs compagnons, Malloch le géologue et Mamen le topographe, étaient morts de maladie au printemps, et la croix recouvrait leur tombe.

Quant au reste de l'Expédition, il s'était séparé et se trouvait au Cap Waring, à environ 65 kilomètres à l'est. Les préparatifs de départ furent rapides, car il s'agissait de ne pas se laisser emprisonner dans les glaces. Quand le Cap Waring fut en vue, on aperçut deux tentes et de petits points noirs courant sur le rivage en faisant des signaux. A trois kilomètres, le *King and Winge* dut stopper, mais l'équipage descendit sur la glace unie et se mit à courir au-devant des survivants qui s'approchaient. Il y avait là Mc Kinlay, l'océanographe, avec quatre hommes d'équipage, Kurraluk, un excellent chasseur esquimau, Keruk et ses enfants. On n'avait eu qu'une seule mort à déplorer, celle d'un chauffeur, qui s'était tué par accident.

Kurraluk et Hadley chassaient presque tous les jours, au moyen d'un kayak construit avec des peaux de phoques et du bois flotté, mais ne tuaient pas toujours assez de gibier, de sorte que parfois la faim tenaillait la petite troupe. Il ne restait plus que 3 chiens, un traîneau et 40 cartouches. Là aussi on avait abandonné l'espoir d'être secouru, au moins avant l'hiver, et la troupe se disposait à transporter le camp au nord de l'île, où le bois flotté était beaucoup plus abondant.

Bientôt le navire reprenait la mer dans la direction de l'île Herald, à la recherche des 8 membres de l'Expédition qui avaient disparu entre le lieu du naufrage et cette île. Mais un banc de glace solide barrait la route. Après l'avoir suivi sans rien trouver pendant plus de 60 kilomètres, le *King and Winge* fut forcé de reprendre la direction de Nome.

Le lendemain, il rencontrait le *Bear*, ayant à son bord le capitaine Bartlett, sur lequel il transférait tous les survivants de l'expédition, et le 13 septembre ceux-ci atteignaient enfin Nome.

IV

Telle est l'odyssée de l'Expédition arctique canadienne, l'une des plus tristes parmi toutes celles des explorations polaires.

D'après Mc Connell et Bartlett, les onze disparus, presque tous familiers avec les régions glacées, sont probablement encore vivants et en état de subsister pendant l'hiver actuel. Une expédition de recherche au commencement de l'été prochain s'impose donc. Puisse-t-elle être tentée, et sauver s'il en est temps encore Stefansson et ses compagnons!

Louis Brunet.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Annuaire pour l'an 1915 publié par le Bureau des Longitudes. — *1 vol. in-16 de 1000 p. avec fig. et 4 cartes en couleurs (Prix : 1 fr. 50). Gauthier-Villars, éditeurs, Paris,* 1915.

Ce recueil bien connu renferme, cette année, après les documents astronomiques qui en constituent la partie principale, des tableaux relatifs à la Métrologie, à la Géographie, à la Statistique, à la Météorologie et aux Monnaies. Les données physiques et chimiques seront réservées à l'annuaire de 1916.

Ces tableaux sont suivis d'une intéressante notice de M. Bigourdan sur les *méthodes d'examen des miroirs et objectifs*, qui ne comprend pas moins de 173 pages illustrées de 78 figures. Après un court historique, l'auteur y étudie les propriétés focales et extra-focales des faisceaux optiques convergents, puis les méthodes générales d'examen des faisceaux (méthodes du microscope oculaire, du réseau ou treillis, de l'écran ou couteau, des zones ou des diaphragmes, des franges, des retouches locales). Il montre ensuite l'application de ces méthodes générales à toutes les surfaces réfléchissantes; puis il expose le mode d'examen des miroirs montés en télescopes et celui des objectifs de toute nature. Il termine par l'épreuve rapide des lunettes, en particulier de celles de petites dimensions, pour laquelle il propose l'adoption d'une mire universelle très ingénieuse (voir p. 97).

2° Sciences physiques

Berget (A.), *Professeur à l'Institut océanographique de Paris.* — **Les problèmes de l'atmosphère.** — *1 vol. in-18 de 343 p. avec 27 fig. de la Bibl. de Philosophie scientifique. (Prix : 3 fr. 50). Flammarion, éditeur, Paris,* 1914.

L'atmosphère sans laquelle nous ne pourrions vivre est devenu le domaine de l'homme qui, audacieusement, s'est transformé en animal aérien. Les difficultés auxquelles se heurtent les pionniers de l'air attirent spécialement les chercheurs vers les questions complexes qui se posent chaque jour; c'est dans le but de guider leurs investigations et, au besoin, de les provoquer, que l'auteur a écrit cet ouvrage, dans lequel il a groupé, suivant une classification rationnelle, toutes les recherches entreprises et les résultats obtenus. Outre les questions d'ordre général, comme la formation, la manière d'être, les transformations et la disparition de l'atmosphère, l'auteur a étudié les questions qui se rapportent plus particulièrement à son étendue et à sa composition, montrant ainsi, par un exemple très net, la connexité des deux questions, puisque la première est dans une dépendance directe de la seconde, la découverte des gaz légers ayant apporté des indications nouvelles sur la manière dont se comporte la surface externe de l'atmosphère. Toutes les questions relatives aux poussières et aux germes que l'atmosphère peut contenir, celles qui ont trait aux phénomènes optiques, acoustiques et électriques dont il est le siège, ainsi que l'emploi que l'on peut faire de leurs propriétés pour déterminer les divers états inconnus de l'atmosphère sont étudiés minutieusement. L'auteur a examiné la manière dont les radiations se comportent dans l'air et la répartition de la température; il étudie la pression barométrique et ses diverses variations; il expose la somme de nos connaissances sur la circulation atmosphérique et les problèmes nombreux que la discussion fait naître. A toutes ces études vient se joindre celle de l'eau qui apparaît sous toutes ses formes dans notre enveloppe gazeuse. Un chapitre spécial est consacré à la mécanique de l'atmosphère, que la construction des aéroplanes a placée au premier rang, et dans le domaine de laquelle l'expérimentation a fait faire rapidement de grands progrès. Chaque chapitre contient un grand nombre d'aperçus nouveaux qui sont autant de problèmes dont la solution est encore à trouver malgré les nombreux travaux déjà effectués.

Reconnaissant la nécessité de longues séries d'observations consécutives à l'étude des climats et de leurs variations, l'auteur pense que l'avenir de la Météorologie réside surtout dans les investigations de l'atmosphère par tous les moyens, soit directement avec le concours des aviateurs, des aéronautes, des cerfs-volants et des ballons pilotes, au moins dans les couches accessibles, soit au moyen des ballons sondes pour les couches plus élevées (15 à 25 kilomètres), soit indirectement par toutes les méthodes de la Physique moderne, en particulier par la polarisation de l'atmosphère pour les régions jusqu'à présent inaccessibles.

Le but final serait, outre l'utilisation au profit de l'homme de toutes les énergies de l'atmosphère, la prévision à courte et à longue échéance des différents phénomènes météorologiques dont l'ensemble constitue le temps, aux variations duquel tous les êtres sont constamment soumis. Malgré le peu de connaissances acquises, on a déjà tenté le problème de la prévision du temps, et les services rendus ont été maintes fois reconnus. Tous les efforts dans cette voie que l'auteur examine, comme ceux de la prévision des variations barométriques et des corrélations entre les phénomènes solaires et des phénomènes terrestres, méritent d'être poursuivis; ils ne sauraient atteindre une réelle valeur qu'autant qu'ils seront scientifiquement établis. Le Verrier a dit : « La Météorologie ne passera à l'état de science que le jour où elle pourra prédire longtemps à l'avance la hauteur de la colonne barométrique »; actuellement elle constitue une série considérable de recherches extrêmement attrayantes qu'il faut étendre et poursuivre par la méthode scientifique.

G. Barbé,
Météorologiste au Bureau Central météorologique.

Duponchelle (J.), *ancien Directeur de fonderie.* — **Manuel pratique de fonderie** (cuivre, bronze, aluminium, alliages divers). — *1 vol. in-8° de* xiv-*258 pages, avec 201 fig. (Prix cart. : 6 fr.) H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, 47 et 49, quai des Grands-Augustins, Paris,* 1914.

Le manuel en question se rapporte non pas à la fonderie de fer, mais à celle de certains métaux, cuivre, aluminium et sutout des alliages usuellement employés dans la construction mécanique et le matériel de guerre.

Avec ces métaux les difficultés de fusion sont beaucoup moindres et, par suite, les appareils à employer moins compliqués; par contre, toutes les autres opérations, qu'elles précèdent la coulée du métal ou qu'elles la suivent, ressemblent beaucoup à celles que l'on applique à la fabrication des pièces de fonte, et tout l'outillage est similaire.

L'ouvrage de M. Duponchelle ayant été conçu en vue de l'instruction spéciale dans les Ecoles industrielles et professionnelles, aussi bien que pour servir de guide aux patrons fondeurs et ouvriers, il était indispensable

de faire précéder la description du matériel et des procédés de l'examen rapide des matières employées : le cuivre, l'étain, le zinc, le plomb, le nickel, l'antimoine, le bismuth, le phosphore, le fer et le manganèse sont ainsi étudiés au point de vue de leur métallurgie, de leurs propriétés, de leurs usages et surtout des nombreux alliages qu'ils forment.

L'auteur entre ensuite dans le vif du sujet. D'abord le matériel et les machines formant l'outillage de la fonderie et de l'atelier de moulage : appareils de levage, de transport, fours à réverbère et à creusets, fours mécaniques avec récupération, étuves, poches, châssis, machines à noyauter; puis le choix et la préparation des sables de moulage, qui jouent un grand rôle, comme l'on sait, dans la réussite des pièces; les procédés de moulage à vert et étuvés à la main, mais aussi et surtout l'emploi des machines à mouler qui se développe tous les jours davantage lorsqu'il s'agit de pièces en série. L'auteur s'étend avec raison sur ce côté de la question, en donnant de nombreux dessins qui feront la joie des intéressés.

Enfin sont décrites toutes les opérations subséquentes à la fusion, l'abatage des masselottes, l'ébarbage, l'essablage, le soudage et les moyens d'effectuer tous ces travaux dans des conditions hygiéniques convenables, problème supplémentaire à résoudre et dont on ne peut plus esquiver la responsabilité.

L'auteur termine son ouvrage par des considérations sur l'administration d'une fonderie, la tenue des livres d'atelier et l'établissement des prix de revient. Quelques données numériques générales sont mises en appendice à l'usage du lecteur, qui trouvera dans ce petit volume une foule de renseignements pratiques et commodes à repérer.

Emile Demenge,
Ingénieur civil.

Mouliney (Gérald). — **Carrelages et faïences.** Technique de la fabrication des carreaux de grès. — *1 vol. in-8° carré de 140 pages avec 157 fig. (Prix cart. : 9 fr.) H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, 47 et 49 quai des Grands Augustins, Paris*, 1914.

En lisant le livre de M. Mouliney, je n'ai pu empêcher une question de se poser dans mon esprit : Pourquoi l'auteur a-t-il choisi pour son ouvrage un titre si peu en rapport avec le texte? Un lecteur non prévenu, en jetant l'œil sur la couverture, croira se trouver en face d'un ouvrage technique traitant de la fabrication des carrelages et des faïences. En adoptant comme titre unique le deuxième sous-titre, écrit en caractères un peu fins sur la première page, l'auteur eût donné à son livre sa véritable signification : Manuel du poseur de carreaux céramiques, du poseur de faïences de revêtement, du monteur faïencier, du monteur de cheminées. C'est, en effet, un manuel très bien compris au point de vue de l'emploi et de l'utilisation du carrelage céramique, mais ce n'est qu'un manuel, et cette erreur dans l'appellation ne peut que créer des mécomptes dans la vente et l'appréciation de l'ouvrage.

Dans son premier chapitre, l'auteur nous décrit d'une manière bien sommaire la fabrication des carreaux de grès, et ce chapitre, malheureusement entaché d'erreurs, gâte le mérite du livre à la première lecture. On voit que l'auteur n'est familiarisé ni avec la Chimie, ni avec la Physique, ni avec la Minéralogie. Il commet d'étranges confusions dans la nomenclature des matières premières et reproduit des inexactitudes excusables sous la plume des céramistes il y a cent ans, mais inacceptables en 1914. On trouve, en effet, dans de vieux traités des évaluations fantastiques des températures des fours, mais ce qui était permis au commencement du dix-neuvième siècle, où les appareils de mesure des températures élevées étaient défectueux, ne l'est plus au vingtième siècle où les pyromètres ont reçu de remarquables perfectionnements. Aussi ai-je lu avec peine que l'auteur effectuait des cuissons à 1800°; ne sait-il donc pas qu'à cette température les argiles les plus réfractaires sont complètement fondues? Enlevons 500° et nous serons plus près de la vérité. On ne trouve dans ce chapitre que des données extrêmement écourtées sur la fabrication; la composition des mélanges, leur préparation et les appareils servant au travail préliminaire des matières premières et au façonnage des carreaux ayant été passés sous silence.

Le chapitre qui suit corrige heureusement la mauvaise impression du début et, si l'auteur s'était borné à ne traiter que la partie pratique de l'emploi du carrelage, son livre eût été plus homogène et exempt de critiques. On y trouve décrits : les plans de pose, la préparation du sol, la mise en place des repères, le jalonnage au moyen de cordeaux, l'assemblage, la pose et les dispositions à prendre pour que cette opération soit bien exécutée. Il y a là toute une série de données d'ordre pratique dont la réunion fait un tout utile et très intéressant pour celui qui s'occupe d'entreprises de carrelages.

Le chapitre III commence par des considérations géométriques, bien inutiles à mon sens. L'auteur suppose-t-il donc ses lecteurs si complètement dénués d'instruction qu'il croie bon de leur faire passer en revue l'A B C de la géométrie plane, ainsi que des formules qu'on trouve partout si on vient à les oublier? A cette digression font suite des solutions très bien traitées de divers problèmes d'installation de carrelage. Il y a là des exemples bien choisis et donnant des solutions applicables à des cas très variés. C'est évidemment dans ces considérations pratiques que l'auteur est le plus intéressant.

Ce que j'ai dit plus haut au sujet de la fabrication des carreaux de grès peut se reproduire ici lorsque l'auteur entame la question de la faïence. Quatre pages, dont une consacrée à l'historique de la découverte du kaolin, n'apprennent rien au lecteur sur la fabrication du carreau de faïence. Il y a une confusion entre les différents genres qui est pénible à constater pour un technicien.

Avec le chapitre qui suit nous rentrons dans le domaine propre de l'auteur, c'est-à-dire dans l'application des produits fabriqués, et là le lecteur retrouve des données qui peuvent lui servir, telles que la préparation des murs, l'emploi des cordeaux d'aplomb, le calibrage, la pose et le garnissage, les coupes, etc.

Le dernier chapitre traite quelques questions pratiques dont la solution est bonne à connaître pour le poseur de carreaux; on y trouve la pose des cheminées, la taille et le montage des panneaux. Un appendice sur les appareils de chauffage et leur pose termine le tout.

De nombreux dessins, des épures de montage et des plans complètent heureusement cet ouvrage, à recommander évidemment à tous ceux qui ont besoin d'un manuel pratique de pose de carrelage, mais malheureusement ne pouvant rendre aucun service à ceux qui veulent se documenter sur la technique de la fabrication. L'ouvrage gagnerait même à se borner à l'application du carrelage, car, dégagé des inexactitudes qui le déparent au point de vue technique, il constitue un excellent manuel pratique.

Albert Granger,
Docteur ès Sciences,
Professeur de Technologie céramique,
Chef des Laboratoires d'Essais à la Manufacture de Sèvres.

3° Sciences naturelles

Choux (P.), *Préparateur de Botanique agricole à la Faculté des Sciences de Marseille.* — **Etudes biologiques sur les Asclépiadacées de Madagascar** (*Thèse de la Fac. des Sciences de Paris*). — *1 vol. in-8° de 264 p. avec 50 planches en photogr. et 4 figures dans le texte (Extrait des Annales du Musée colonial de Marseille, 3e sér., t. II). Protat frères, imprimeurs, Mâcon*, 1914.

Les Asclépiadacées de Madagascar ont été étudiées par Decaisne, par MM. Costantin, Gallaud, Bois,

Poisson, Jumelle et Perrier de la Bathie, mais il restait beaucoup à faire au point de vue biologique, et c'est à cela que s'est attaché M. Choux.

M. Choux a étudié une cinquantaine d'espèces de Madagascar et en a décrit une vingtaine de nouvelles. Dans les Périplocées, les genres *Pentopetia*, *Ischnolepis*, *Gonocrypha*, *Camptocarpus*, *Harpanema*, *Tanulepis*, *Baseonema* sont représentés. Les *Pentopetia glaberrima*, *linearifolia*, *Tanulepis acumicata*, *Baseonema lineare*, *multiflorum* et *acuminatum* constituent des espèces nouvelles. Le genre *Symphytonema* doit disparaître. Quant au genre *Tanulepis*, pas représenté jusqu'ici, il doit l'être par cinq espèces.

Les Astéphanées ne sont représentés que par le genre *Microstephanus* (*Pleurostelma* Baillon).

Les Cynanchées constituent le groupe le plus intéressant, avec des formes aphylles ou pourvues de feuilles. Aux premières appartiennent des *Cynanchum*, les *Decanema*, *Sarcostemma*, *Vohemaria*, *Platykeleba*, *Prosopostelma*, *Folotsia*, *Mahafalia*. Le *Drepanostemma luteum* Jum. et Perr. est synonyme de *Sarcostemma Decorsei* Cost. et Gall. A signaler dans ce groupe, comme espèces nouvelles : *Cynanchum Perrieri*, *ambositrense*, *bekinolense*, *compactum*, *aequilongum* et *Prosopostelma grandiflorum*, et d'intéressantes données biologiques fournies par l'anatomie ainsi que la répartition géographique.

Les Cynanchées à feuilles constituent d'intéressantes espèces, dont quelques-unes à tubercules, telles que *Cynanchum Lineare* N. E. Brown, comestible, *C. napigerum* et *helicoideum*, nouveaux. Le *C. pycnonevroides*, espèce nouvelle, a la souche rampante. A noter également le genre *Pycnoneurum*.

Dans les Sécamonées, le genre *Secamone* est remarquable par son polymorphisme foliaire et floral. Le *S. Elliottii* K. Sch. présente des tubercules. Le genre *Secamonopsis* est intermédiaire entre les *Secamone* et les Marsdéniées; le genre *Menabea* établit la transition avec les Apocynacées. C'est à ce dernier genre qu'appartient le *M. venenata* Baillon, espèce vénéneuse, le *Tanghena* des Sakhalaves. Le *Toxocarpus claudiclavus* forme la transition entre les *Toxocarpus* et les *Secamone* que Baillon réunissait.

Les *Secamone toxocarpoides*, *pinnata* et *polyantha* forment des espèces nouvelles.

Les Céropégiées sont représentées par les genres *Ceropegia* et *Leptadenia*, ce dernier à polymorphisme foliaire au point de vue de la forme et des dimensions.

Les Marsdéniées sont également polymorphes avec les genres *Marsdenia*, *Gymnema* et *Telosma*. Les *Stephanotis* ne constituent qu'une section des *Marsdenia*. Les *Telosma* Coville ont pour synonymes *Pergularia* Lemend. et *Prageluria* N. E. Brown. A signaler comme espèces nouvelles les *Marsdenia cordifolia*, *quadrialata* et *cryptostemma*.

L'auteur de cet important travail a noté les conditions de végétation, l'habitat, la répartition géographique, la plus ou moins grande fréquence des espèces. Il a signalé à Madagascar la présence du genre *Baseonema* dont on ne connaissait qu'une espèce de l'Est africain anglais, et des *Tanulepis*, dont on n'avait jusqu'à ce jour signalé qu'un seul représentant de l'île Rodrigue.

Dans certaines espèces, l'*adaptation au milieu* est caractéristique, surtout dans les formes aphylles, où elle se manifeste dans l'aspect extérieur et dans la structure interne qui peut se modifier.

M. Choux insiste avec raison sur le polymorphisme très accusé dans certaines espèces; ces variations morphologiques sont nombreuses, tandis qu'elles n'avaient été qu'exceptionnellement et très rarement signalées jusqu'ici.

Ce polymorphisme est réalisé suivant des modalités très différentes, dans l'appareil végétatif et surtout dans les feuilles. Dans les formes aphylles, le polymorphisme est surtout saillant dans les fleurs. Quelquefois les feuilles et les fleurs sont atteintes. Tous les cas possibles arrivent à être réalisés : dimensions des feuilles, formes et dimensions. Une seule des dimensions, la largeur, va varier. La pilosité seule du limbe peut varier, aussi bien que la pilosité et les dimensions, la forme et la texture. Dans certains cas, c'est la longueur du pétiole qui varie.

Ces modifications se réalisent sur des individus différents, sur un seul et même individu, pour une même espèce sur le même pied ou sur des pieds différents.

Les diverses formes du limbe dans une même espèce peuvent être assez voisines (*Secamone obovata* Decsne) ou très dissemblables (*Gonocrypha Grevei* Baill.; *Marsdenia brevisquama* Jum. et Perr.). Ces formes diverses peuvent être peu nombreuses (*Secamone angustifolia* Decsne) ou multiples (*Gonocrypha Grevei* Baill; *Marsdenia brevisquama* Jum. et Perr.) sur le même individu, mélangées les unes aux autres sur les mêmes rameaux ou situées à la base ou vers le sommet.

Le polymorphisme floral est également varié : verticilles périanthiques seuls (*Secamone deflexa* Jum. et Perr.), couronne (*Decanema Bojerianum* Decsne), couronne et androcée (*Pentopetia androsemifolia* Decsne), pollinies et stigmates (*Cynanchum Perrieri* Choux, *Microstephanus cernuus* N. E. Brown), corolle, membrane des anthères et stigmates (*Secamone pachystigma* Jum. et Perr.), calice, corolle, lames coronaires et stigmates.

Toutes ces modifications rendent très difficile l'étude des plantes d'herbier. Telle est la cause de la « *duperie des herbiers* » qu'il est impossible d'éviter, surtout quand on n'a affaire qu'à des fragments. Cette absence de fixité dans la structure se retrouve dans les Apocynacées : *Landolphia*, *Mascarenhasia*, *Plectaneia* et dans les Palmiers de Madagascar.

En prenant les termes extrêmes dans quelques cas, on pourrait créer des espèces ou des variétés, mais avec des échantillons nombreux et surtout sur place on trouve toute une série d'intermédiaires et l'on arrive à suivre la transformation progressive des caractères. Sur quoi baser une distinction nette de ces plantes? peut-on vraiment faire autant d'espèces ou de variétés que d'individus?

On pourrait concevoir ces espèces comme autant de larges groupements d'*espèces élémentaires*, que compliquent de nombreux hybrides. Des essais culturaux permettraient seuls de répondre à la question.

« Force nous est donc, conclut M. Choux, de n'envisager ici que l'*espèce linnéenne*, et c'est en se plaçant à ce point de vue, le seul possible pour nous, que nous avons constaté et décrit l'extraordinaire polymorphisme que présente souvent à Madagascar l'espèce ainsi comprise, en même temps que nous avons vu quelles difficultés présente sa délimitation exacte ».

Le travail de M. Choux a été exécuté avec beaucoup de soins et mérite d'être loué sans restrictions; il servira de modèle pour les travaux du même genre consacrés aux plantes de nos colonies. Il a été entrepris à la Faculté des Sciences de Marseille, dans le Laboratoire de M. le professeur Jumelle et grâce aux échantillons récoltés avec soin et judicieusement annotés par M. Perrier de la Bathie.

P. Hariot,
Assistant au Muséum.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 4 Janvier 1915

1° Sciences mathématiques. — MM. **Camichel, Eydoux et Lhériaud** : *Sur l'ajutage Venturi.* Les auteurs montrent que l'ajutage Venturi fournit un moyen très simple de mesurer les débits en hydraulique. Cet ajutage, qui peut s'intercaler en un point quelconque des conduites sous pression, est formé par la succession d'un convergent et d'un divergent, réunis entre eux par une surface de raccordement de révolution autour de l'axe de l'appareil et convexe vers cet axe. Si p_1 est la pression dans la section large de diamètre d_1, p_2 la pression dans la section la plus étroite de diamètre d_2, et q le débit, on a : $q = \lambda a \sqrt{p_1 - p_2}$, où a est une fonction de d_1 et d_2, et λ est égal à l'unité, à moins de 1 °/₀ près, d'après les expériences des auteurs.

2° Sciences physiques. — M. **G. Bigourdan** : *Sur l'épreuve rapide des lunettes d'approche. Description d'une mire universelle pour cette épreuve.* L'auteur propose, à la place des caractères d'imprimerie généralement employés, une mire qui peut être reproduite partout identique à elle-même et par suite devenir universelle. Elle se compose d'un certain nombre de groupes de raies noires sur fond blanc, couvrant des carrés relativement égaux, de 10 mm. de côté, et symétriquement distribués. Dans chaque groupe, les traits noirs et les intervalles blancs ont tous même largeur, et cette largeur varie régulièrement d'un groupe à l'autre. Les numéros qui désignent chaque carré expriment, en secondes d'arc, l'angle sous-tendu par la somme des largeurs d'un blanc et d'un noir consécutifs quand la mire est placée à 10 m. de distance. L'auteur indique comment on détermine, au moyen de cette mire, le pouvoir séparateur et le champ d'une lunette.

3° Sciences naturelles. — M. **M. Tiffeneau** : *La destinée du chloralose dans l'organisme.* Le chloralose, chez le chien, s'élimine partie en nature, partie sous forme d'un composé glycuronique nouveau, l'acide chloralose-glycuronique. Cette formation n'est pas en faveur de l'hypothèse de Sundwick-Fischer sur le mécanisme de la conjugaison glycuronique. Le chloralose ne se dédoublant pas dans l'organisme en chloral et glucose, ses effets physiologiques lui appartiennent en propre et ne sont pas dus au chloral qu'il contient. — M. **Ed. Heckel** : *Sur le* Solanum Caldasii Kunth *et la mutation gemmaire culturale de ses parties souterraines.* L'auteur signale que le *S. Caldasii*, cultivé selon sa méthode, a montré en trois endroits (Marseille, Villeurbanne, Gap) des mutations gemmaires de ses parties souterraines, consistant dans la formation, à côté des tubercules normaux, devenant violets par exposition à l'air et pourvus de lenticelles saillantes, de tubercules jaunes stables, dépourvus en partie ou en totalité de lenticelles.

Séance du 11 *Janvier* 1915

1° Sciences physiques. — M. **A. Boutaric** : *Sur la polarisation et le pouvoir absorbant de l'atmosphère.* K. Angström a indiqué que le pouvoir absorbant de l'atmosphère doit dépendre à la fois de la diffusion et de la quantité de gaz absorbants (principalement de vapeur d'eau) qu'elle renferme. Les observations de l'auteur confirment ce point de vue et montrent que le facteur principal pour l'étude du pouvoir absorbant appartient à la diffusion. En une station déterminée, il suffirait de faire, pendant quelques années, des déterminations suivies de l'intensité calorifique, de la polarisation et de l'état hygrométrique pour pouvoir ensuite, par des mesures de polarisation et de tension de vapeur, — et le plus souvent par une simple observation polarimétrique, — prévoir la valeur de l'intensité calorifique reçue aux différentes heures d'une journée quelconque. — M. **J. Cabannes** : *Sur la diffusion de la lumière par l'air.* Les diverses théories imaginées pour expliquer la propagation et la dispersion des ondes lumineuses dans les milieux matériels permettent toutes de prévoir une diffusion latérale de la lumière. Elles conduisent, dans le cas d'un gaz transparent, à une formule établie par Lord Rayleigh. C'est à cette diffusion de la lumière par les molécules de l'air qu'on attribue actuellement le bleu du ciel. L'auteur est arrivé à montrer expérimentalement la diffusion des rayons visibles et ultraviolets par quelques cm³ d'air à la pression atmosphérique. L'air, desséché et filtré, est introduit dans un récipient de fonte muni de deux regards en quartz. On y projette, à l'aide de deux lentilles de quartz, l'image d'une lampe à vapeur de mercure. On observe latéralement le faisceau lumineux, dans le voisinage de l'image, suivant une direction parallèle à l'axe de la lampe. Ce faisceau apparaît en bleu sur le fond noir; il disparaît lorsqu'on fait le vide dans le récipient. L'auteur a vérifié quantitativement la formule de Lord Rayleigh par une méthode de photométrie photographique. — M. **André Blondel** : *Calcul de la portée des projecteurs de guerre sur terre et sur mer.* L'auteur calcule successivement : 1° l'éclairement au but, qui est représenté par $E = (I/x^2)a^x$; 2° l'éclairement apparent, pour un observateur muni de jumelles, qui est $E' = Ea^{x'}k(d^2/p^2)$; 3° l'acuité visuelle suffisant à la perception des formes $V = B$ (log E—H); 4° l'équation générale des portées :

$$\log I = \left(\frac{x'}{gL} - H + x' \log a\right) + (2 \log x + x \log a) + R,$$

équations dans lesquelles I est l'intensité lumineuse en bougies d'une source équivalant au faisceau du projecteur, x et x' la distance du but au projecteur et à l'observateur en kilomètres, E l'éclairement en lux à l'emplacement du but, a le coefficient de transparence atmosphérique, g le grossissement des jumelles de l'observateur, k le coefficient de transmission à travers le verre des jumelles, d le diamètre de l'anneau oculaire, p le diamètre de la pupille, $R = \log kd^2/p^2$, V l'acuité visuelle, B, H et L des constantes empiriques.

2° Sciences naturelles. — M. **V. Henri** : *Sur la possibilité d'entraînement de phosphore dans les plaies produites par les projectiles d'artillerie allemands.* M. G. Urbain a reconnu que les obus strictement explosifs du 77 et les obus à shrapnells allemands contiennent pour la plupart une grande quantité d'une poudre brun violacé, sentant fortement le phosphore blanc, et dont les 97 °/₀ sont constitués par un mélange de diverses variétés de phosphore. Par conséquent les éclats d'obus allemands et les balles de shrapnells, par leurs irrégularités et leurs rugosités, peuvent entraîner dans les plaies une plus ou moins grande quantité de phosphore. Le phosphore peut produire une mortification des tissus, qui favorise le développement des microbes; on devra donc débrider largement et nettoyer avec soin ce genre de plaies. — M. **F. Bordas** : *Nouveau dispositif pour la désinfection des effets d'habillement.* L'auteur, ayant eu à pratiquer la désinfection rapide d'effets militaires, a employé le procédé suivant, qui lui a donné une désinfection parfaite : Dans un tonneau ordinaire de 228 l., dont on a enlevé la partie supérieure, on enroule en

spirale un tuyau de plomb, terminé en bas par un orifice très petit, dans lequel on envoie de la vapeur d'un générateur quelconque. On remplit le tonneau, sauf un espace vide central, de vêtements ou de couvertures, et on le ferme par une couverture recouverte du couvercle préalablement enlevé. En faisant passer de la vapeur à la pression de 3 kg., on obtient en moins de 35 minutes la température de 105° à 108°. On peut brancher toute une série de tonneaux sur la même conduite de vapeur. — M. **W. R. Thompson** : *Sur une Tachinaire parasite à stade intracuticulaire.* L'auteur a trouvé, sur des chenilles du groupe des Noctuelles, un certain nombre de larves d'une Tachinaire, logées sans exception entre deux assises de la cuticule de l'hôte, la face dorsale étant constamment dirigée vers l'extérieur. Le parasite n'a aucune communication libre, soit avec l'extérieur, soit avec l'haemocèle de son hôte. Le stade intracuticulaire paraît donc une phase normale et caractéristique du cycle de cette Tachinaire. — M. **J. Chautard** : *L'origine des mounds pétrolifères du Texas et de la Louisiane.* L'auteur estime que le processus de la formation de certains gisements de pétrole des mounds du Texas et de la Floride a été le suivant : 1° sédimentation, dans une lagune intermittente, de formations halogènes diverses, de sables, argiles, etc., avec débris organiques ensevelis, et de niveaux d'anhydrite correspondant aux divers assèchements de la lagune; 2° décomposition hydrocarbonée des débris organiques ensevelis dans les sédiments halogènes; 3° transformation de l'anhydrite en gypse, avec augmentation de volume qui fait bomber les couches supérieures; 4° migration des pétroles sous l'influence des compressions exercées sur leurs roches-mères. Accessoirement, l'action des hydrocarbures gazeux sur le gypse a donné naissance à des dépôts de soufre.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 12 Janvier 1915

M. **F. Debat** : *Traitement des gelures par la méthode bio-kinétique du Dr L. Jacquet.* Le mécanisme habituel des gelures est le suivant : 1° le froid, par vaso-constriction intense, ralentit la circulation, en particulier à la périphérie; 2° à la faveur de ce ralentissement le froid abaisse progressivement la température du membre jusqu'à la congélation. Tous les facteurs qui ralentissent la circulation interviennent également, en particulier le repos. Or, régulièrement la première précaution des soldats atteints est de s'immobiliser : c'est là le meilleur moyen d'aggraver le mal. Les bains chauds donnent des résultats déplorables dans le traitement des gelures : ils exagèrent la vaso-dilatation paralytique qui suit régulièrement la vaso-constriction primitive; celle ci, à son tour, exagère les lésions, augmente l'œdème et l'extravasion lymphatique et sanguine; elle exacerbe la douleur. Le traitement rationnel doit essayer de rétablir la circulation normale : on y arrive par des massages, comportant un pincement léger du tégument, puis l'effleurage, et par la gymnastique opératoire des extrémités : le malade, étant couché sur le dos, élève la jambe au maximum en la maintenant de ses deux mains; puis il fléchit et étend alternativement les orteils et le pied; ces manœuvres doivent être faites à fond, énergiquement et rapidement; elles doivent durer 5 minutes et être renouvelées toutes les heures. Entre temps, repos au lit, le pied légèrement surélevé. Nul pansement, sauf le cas d'ulcération. La guérison est rapide et certaine.

Séance du 19 Janvier 1915

M. le Président annonce le décès de M. **Tilanus**, associé étranger, de MM. **Notta** et **Gilbert**, correspondants nationaux, et de M. **Schaër**, correspondant étranger

M. **Ed. Delorme** : *Sur les traumatismes des nerfs par projectiles et les opérations qu'ils réclament.* L'auteur expose sa pratique, qui se base sur les principes suivants : 1° remplacer, dans un nerf sectionné, perforé, sillonné ou contus, surtout dans les plaies primitivement infectées, des masses de tissu fibreux, denses, épaisses, imperméables, qui interrompent la continuité des tubes nerveux, par une cicatrice chirurgicale linéaire, plus perméable; 2° rechercher, par des sections ou une dissection faites très attentivement, la limite la plus exacte possible du tissu fibreux et s'arrêter lorsque les coupes montrent un semis régulier de tubes sains ou d'apparence saine; 3° se garder d'imposer au nerf toute perte de substance inutile, mais ne pas hésiter à lui faire subir les sacrifices nécessaires pour obtenir des surfaces saines et ne pas se laisser trop dominer par la pensée des difficultés qu'on pourrait éprouver à assurer l'affrontement; 4° pour assurer le rapprochement des troncs nerveux, après des pertes de substance étendues, recourir au dégagement médiat, à distance des segments, combiné avec la position du membre qui relâche le nerf à suturer. MM. **J. Babinski, Pozzi** et **Déjerine** font d'expresses réserves sur les principes qui servent de base à la méthode de M. Delorme et sur les résultats éloignés qu'elle pourra donner. — M. **E. Quénu** : *Traitement des plaies gangréneuses par projectiles de guerre.* L'auteur préconise les débridements larges permettant l'étalement au grand jour des surfaces gangrenées, combinés, dans les cas graves, à la stérilisation des plaies par l'air chaud à 700° ou 800°, faite sous l'anesthésie générale. Les injections d'eau oxygénée sous la peau ou les insufflations d'oxygène ne doivent être employées que comme un complément des débridements. — M. **R. Belbèze** : *L'or colloïdal en chirurgie de guerre.* Pour l'auteur : 1° il y a indication d'employer thérapeutiquement l'or colloïdal électrochimique toutes les fois que l'on a affaire, en chirurgie de guerre, à des infections sérieuses, opératoires ou non, généralisées ou localisées, et à des plaies suppurantes étendues; 2° il n'existe à l'usage de l'or colloïdal d'autres contre-indications que celles tirées d'une débilité extrême, d'un état préagonique ou de lésions organiques définitivement menaçantes; 3° l'or colloïdal doit être employé d'une manière précoce et de préférence en injections intraveineuses; 4° il agit comme agent antithermique rapide, comme agent antitoxi-infectieux énergique, comme agent réparateur des lésions des divers tissus.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 9 Janvier 1915

M. **E. Gley** : *Valeur physiologique de la glande surrénale des animaux privés de pancréas.* D'après la théorie, puisque le pancréas exerce normalement une influence modératrice continue sur le fonctionnement des surrénales, la suppression de ce frein, par ablation de la glande, doit donner lieu à une augmentation d'activité de l'appareil chromaffine; et cette activité accrue peut se révéler par un accroissement du pouvoir physiologique de l'extrait des surrénales. Des expériences pratiquées sur le chien ont conduit aux résultats suivants : La teneur en adrénaline de toutes les glandes recueillies, à en juger par l'action des extraits sur la pression artérielle, ne s'est pas montrée supérieure à celle des extraits des glandes normales; elle n'était pas inférieure non plus. — M. **Ed. Retterer** : *Du tissu adipeux de l'homme.* Le tissu adipeux est précédé par un tissu conjonctif réticulé : cellules conjonctives dont le protoplasma granuleux est anastomotique et dont les mailles sont remplies d'hyaloplasma. Ce tissu acquiert un réseau capillaire très serré; ses filaments chromophiles se multiplient et l'hyaloplasma se transforme en grains adipogènes, puis en gouttelettes graisseuses. Celles-ci s'accumulent entre les cloisons chromophiles, devenues partiellement élastiques, d'où la production des vésicules adipeuses qui ne sont pas des cellules, mais correspondent à des territoires internucléaires chargés de graisse. — M. **J. Nageotte** : *Note sur les fibres nerveuses amyéliniques.* L'auteur a observé dans les nerfs

une formation constante, qui paraît normale et qu'il désigne sous le nom de *boules homogènes*; ce n'est pas une marque de sénilité. Il existe une analogie morphologique complète entre le cylindraxe des fibres sans myéline et celui des fibres à myéline. L'un et l'autre contiennent une quantité considérable de sérosité, et l'on peut dire qu'ils diffèrent seulement par leurs dimensions, si l'on met à part les étranglements, dont la présence est liée à celle de la myéline.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 18 Décembre 1914

M. E. Bouty indique *quelques démonstrations élémentaires relatives au chemin moyen moléculaire.* Il considère : 1° le cas d'une molécule sphérique, seule mobile parmi des molécules égales maintenues fixes; 2° le cas de molécules sphériques toutes animées d'une même vitesse u (formule de Clausius); il donne, pour ce cas, deux démonstrations, l'une tout intuitive, dans laquelle on fait usage de la simplification de Krönig, l'autre dans laquelle on se passe de cette simplification; 3° le cas d'une molécule animée d'une vitesse u_1 parmi des molécules toutes animées de la même vitesse $u_2 \gtrless u_1$. Il cherche ensuite la valeur du chemin moyen de Clausius en deuxième approximation, quand on tient compte du diamètre des molécules; il démontre que le covolume de la formule de van der Waals est bien égal à quatre fois le volume de l'ensemble des molécules. Il démontre enfin la formule de Sutherland relative à l'influence des attractions moléculaires sur le chemin moyen. — **M. Béclère** : *Exploration radiologique des blessures de guerre.* Cette exploration, conduite spécialement au point de vue de la recherche et de la localisation des projectiles, comprend deux procédés qui se complètent : la radioscopie et la radiographie, la première beaucoup plus importante que la seconde. Plus simple, plus facile, plus rapide, la radioscopie permet en quelques instants un examen complet du blessé sur son brancard posé au-dessus d'une table ou de deux tréteaux. On promène l'écran fluorescent au-dessus des régions à explorer, tandis qu'on déplace en tous sens au-dessous du brancard l'ampoule munie d'un diaphragme très bien centré. Souvent ainsi on découvre le projectile à une grande distance de l'orifice d'entrée. En quelques instants aussi on amène le foyer d'émission des rayons verticalement au-dessous du projectile; en d'autres termes on fait passer le rayon normal à l'écran par le projectile, et on repère sur la peau le point d'entrée et surtout le point de sortie de ce rayon normal. La même opération, répétée dans une nouvelle position du membre, permet de repérer sur la peau deux nouveaux points qui, avec les précédents, déterminent deux droites à l'intersection desquelles se trouve le projectile; quand le membre blessé ne peut pas être déplacé, on se contente de repérer sur la peau le point de sortie du rayon normal. C'est verticalement au-dessous de ce point que, dans la position considérée, se trouve le projectile, mais à quelle profondeur? Un procédé très simple, depuis longtemps en usage, consiste à appuyer un repère opaque, une pointe horizontale de couteau par exemple, sur la face externe du membre exploré, dans un plan vertical passant par le projectile et perpendiculaire aux bords du brancard, puis à abaisser et à élever ce repère tandis qu'on déplace l'ampoule parallèlement aux bords du brancard. La condition pour que, sur l'écran, l'ombre du projectile et l'ombre du repère se déplacent également, c'est que le repère soit exactement au niveau du projectile. On connaît ainsi la profondeur de celui-ci au-dessous du point marqué sur la peau. Un autre procédé, plus récemment signalé par le docteur Haret et fondé, comme le précédent, sur les propriétés des triangles semblables, consiste à mesurer sur l'écran la distance entre les deux positions successives A et B de l'ombre du projectile P, obtenues, la première alors que le rayon normal passe par le projectile, la seconde, après que l'ampoule a été déplacée de F en F' d'une longueur déterminée et limitée par un arrêt, de 10^{cm} par exemple. La distance FA du foyer à l'écran est facile à mesurer sur la tige verticale qui supporte l'ampoule. Un ruban métrique de couturière, une équerre dont les bords à angle droit sont gradués en centimètres à partir du sommet de cet angle et un simple fil constituent le matériel peu coûteux qui donne la profondeur cherchée. L'équerre est placée sur le ruban métrique, comme l'indique la figure, de telle sorte que FA mesure la distance du foyer à l'écran. FF' par construction égale 10^{cm}. AB représente la distance mesurée sur l'écran entre les deux positions successives de l'ombre du projectile. Le fil tendu entre B et F' coupe en P le bord de l'équerre; la longueur AP mesure la profondeur du projectile au-dessous de l'écran; il est facile d'en déduire la profondeur du projectile au-dessous du point marqué sur la peau. Il y a d'ailleurs tout avantage, quand on dispose du temps et des ressources nécessaires, ce qui, en guerre, n'est pas toujours le cas, à compléter la radioscopie par la radiographie et même, s'il est possible, à obtenir deux images radiographiques sur deux plans perpendiculaires l'un à l'autre. Toutefois c'est à la condition, pour chacune de ces radiographies, de faire passer le rayon normal par le projectile. A cette condition seulement, on reproduit, sans déformation, les rapports exacts du corps étranger avec les organes avoisinants. Mais, pour la réaliser, il est nécessaire que la radioscopie précède la radiographie. C'est donc toujours par la radioscopie que doit débuter l'exploration radiologique des blessures de guerre et souvent c'est à la radioscopie qu'elle peut se borner. Mme **Curie** signale une précaution très simple et très utile à prendre contre les risques de radio-dermite dans les examens radioscopiques. Il suffit de diaphragmer le faisceau incident, ce qui, tout en augmentant la netteté, permet à l'observateur de se tenir plus facilement en dehors du champ dangereux. — **M. E. Colardeau** décrit une méthode de localisation précise des projectiles dans le corps des blessés (voir l'article de l'auteur dans la *Revue* du 15 janvier 1915, t. XXVI, p. 5).

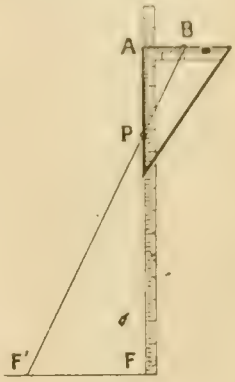


Fig. 1

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 5 Novembre 1914

MM. H.-R. Le Sueur et J.-Ch. Vithers : *Le mécanisme de l'action des alcalis fondus. I : Action de KOH fondue sur l'acide dihydroxystéarique et l'acide dihydroxybéhénique.* L'acide $C^{18}H^{34}O^5$, produit par fusion de l'acide dihydroxystéarique avec KOH, est l'acide α-hydroxy-α-octylsébacique :

$$C^8H^{17}.\ CH\ (OH).\ CH\ (OH).\ (CH^2)^7.\ CO^2H. \longrightarrow CO^2H.\ C\ (OH)\ (C^8H^{17}).\ (CH^2)^7.\ CO^2H.$$

Ce dernier, oxydé par le permanganate, donne l'acide θ-cétomargarique, $C^8H^{17}.\ CO.\ (CH^2)^7.\ CO^2H$. L'acide dihydroxybéhénique, fondu avec KOH, se comporte comme l'acide dihydroxystéarique et donne l'acide α-hydroxy-α-octyldodécanedicarboxylique :

$$C^8H^{17}.\ CH\ (OH).\ CH\ (OH).\ (CH^2)^{11}.\ CO^2H \longrightarrow CO^2H.\ C\ (OH)\ (C^8H^{17}).\ (CH^2)^{11}.\ CO^2H.$$

Les deux réactions ci-dessus impliquent la migration du groupe C^8H^{17} d'un atome de carbone à un autre adjacent; la migration d'un groupe aussi lourd est tout à

fait rare, sinon inconnue, dans la série aliphatique. — MM. **H. Bradbury** et **Ch. Weizmann** : *Quelques homologues de l'alizarine.* La condensation de l'anhydride hémipinique avec l'*o*-xylène fournit l'acide dihydroxy-2-xyloylbenzoïque, F. 238°, qui conduit à la formation de deux diméthylalizarines, cristallisant en aiguilles jaunes, F. 276° et F. 198°, la première plus soluble dans l'acide acétique. La condensation de l'anhydride 4-méthoxyphtalique avec l'*o*-xylène fournit deux acides hydroxy-2-xyloylbenzoïques : l'un, F. 228°, conduisant à une seule hydroxydiméthylanthraquinone, aiguilles vert pâle, F. 210°; l'autre, en petite quantité, F. 184°, plus soluble dans le benzène que le premier. — **M. E.-A. Werner** : *La transformation isomérique des méthylsulfates d'ammonium et d'ammoniums substitués. Réaction des amines sur le sulfate de méthyle.* L'auteur a montré antérieurement que le méthylsulfate d'ammonium peut subir une transformation isomérique suivant l'équation : $NH^4CH^3SO^4 = NH^3CH^3HSO^4$. Il a reconnu depuis que la propriété de subir cette transformation isomérique est commune à tous les méthylsulfates d'ammoniums substitués quand le changement de position d'un atome d'H et d'un groupe méthyle est possible ; elle est représentée par les équations générales :

$$NH^3R.\ Me\ SO^4 = NH^2R\ Me.\ HSO^4$$
$$NH^2RR'.\ Me\ SO^4 = NHRR'Me.\ HSO^4$$
$$NHRR'R''.\ Me\ SO^4 = NRR'R''\ Me.\ HSO^4.$$

Pour le méthylsulfate d'ammonium, la transformation est lente jusqu'à 220°, rapide au-dessus et complète à 275° en 15 minutes. Les éthylsulfates et *n*-propylsulfates ne subissent pas ce changement isomérique. La préparation simple des divers méthylsulfates d'ammoniums substitués par l'action du sulfate de méthyle sur les amines a lieu strictement d'après les équations :

$$NH^2R + Me^2SO^4 = NH^2RMe.\ Me\ SO^4$$
$$NHR^2 + Me^2SO^4 = NHR^2Me.\ Me\ SO^4.$$

Séance du 19 Novembre 1914

M. C. C. Bissett : *Elimination du soufre de l'argent.* Quand on ajoute des proportions variables de fer à de l'argent fondu contenant du sulfure d'argent en solution, il se forme du sulfure ferreux, et tout l'argent en combinaison avec le soufre peut être déplacé par le fer s'il est en quantité suffisante; le sulfure ferreux est insoluble dans l'argent. Le cuivre se comporte différemment : c'est seulement quand une proportion considérable du cuivre s'est alliée à l'argent, que le sulfure est complètement éliminé de la solution ; mais, même dans ces conditions, la couche de sulfure contient encore une bonne quantité d'argent. — **M. Al. Rule** : *Les polysulfures alcalins. II. Polysulfures de potassium.* En faisant agir des proportions variables de soufre sur des solutions alcooliques de KOH anhydre pure, on obtient toujours le pentasulfure, qui a été obtenu à l'état pur, sous forme d'un composé cristallin rouge orange, fondant vers 220°. En déterminant la quantité de H^2S dégagée par l'action de quantités variables de soufre sur une quantité constante de KHS, on voit également que le pentasulfure est le polysulfure prédominant en solution. La stabilité des polysulfures supérieurs paraît augmenter avec le poids atomique du métal : le polysulfure de Na le plus élevé stable est le tétrasulfure, tandis que pour K, Rb et Cs le pentasulfure est parfaitement défini : il est d'autant moins soluble que le poids atomique du métal est plus élevé. — **M. G. Martin** : *Recherches sur les composés du silicium.* VI. L'auteur, en faisant réagir, dans un appareil approprié, 150 kilogs de chlore sur environ 50 kilogs de ferro-silicium à 50 %, a obtenu facilement et à peu de frais 50 kilogs de $Si\,Cl^4$, 3 kilogs de $Si^2\,Cl^6$ jusqu'alors très difficile à préparer, 180 grammes de $Si^3\,Cl^8$ et de petites quantités de chlorures supérieurs. L'auteur pense que, dans le Si élémentaire et les siliciures métalliques, les atomes de Si sont directement unis en chaînes et que la première action du Cl n'est pas de briser immédiatement ces chaînes, mais de produire d'abord des composés chlorés complexes contenant encore des chaînes d'atomes de Si directement chlorés. Ces chlorures complexes sont attaqués par un excès de chlore et se décomposent en chlorures simples, $Si\,Cl^4$ n'étant pas le premier produit de chloruration, mais plutôt le dernier. L'hypothèse inverse de Gattermann et Weinlig est erronée, car aux basses températures utilisées Si n'agit pas sur $Si\,Cl^4$ pour produire des quantités appréciables de $Si^2\,Cl^6$. — **M. D. H. Peacock** : *Les pouvoirs rotatoires, réfractivités et volumes moléculaires de solution de la cinchonicine et de quelques-uns de ses dérivés.* L'auteur a déterminé les pouvoirs rotatoires, les réfractivités et les volumes moléculaires de solution de la cinchonicine et de quelques dérivés à 25° dans l'alcool et dans l'acétone, en vue de voir s'il existe quelques relations entre ces propriétés. Comme pour la butylamine secondaire, l'introduction du groupe *p*-toluènesulfonylique abaisse considérablement le pouvoir rotatoire. L'introduction du groupe picrylique dans la cinchonicine provoque un changement du signe de la rotation, en même temps que la grandeur de cette rotation devient considérable.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section de Londres

Séance du 7 Décembre 1914

M. W. R. Schoeller : *Réduction des oxydes d'antimoine et de bismuth par leurs sulfures.* L'auto-réduction, ou libération d'un métal par action de son oxyde sur son sulfure avec dégagement de SO^2, a été appliquée sur une grande échelle dans la métallurgie du cuivre et du plomb. Pour l'antimoine, on ne possède que des indications contradictoires. L'auteur a reconnu que $Sb^2\,O^3$ et $Sb^2\,S^3$, fondus ensemble dans un courant de CO^2, forment de l'antimoine métallique et SO^2 (il en est de même de $Sb^2\,O^4$, qui est d'abord réduit en $Sb^2\,O^3$). La réaction a lieu en présence d'un excès d'oxyde ou de sulfure; elle est rapide aux hautes températures, mais jamais complète à cause de la volatilisation du sulfure et de l'oxyde dans le courant gazeux. Il ne se forme pas d'antimoine métallique si le mélange oxyde-sulfure est fondu dans un creuset sous une couche de sel. Le sulfure et l'oxyde de bismuth réagissent de même, soit dans un courant de CO^2, soit sous une couche de sel fondu; le dégagement de SO^2 commence déjà à très basse température et en chauffant davantage des globules de Bi métallique se rassemblent bientôt. Le rendement en métal est de 90 % de la théorie; il se forme à côté un peu de sulfate basique de bismuth. — **M. E. V. Evans** : *L'élimination du sulfure de carbone du gaz d'éclairage.* Cette élimination a lieu en général soit par l'action d'acalis ou d'alcalino-terreux avec formation de thiocarbonates, soit par l'action d'amines aromatiques, avec formation de thiocarbanilides ou de thio-urées. L'auteur a spécialement étudié un troisième procédé, qui consiste dans la décomposition par la chaleur vers 450° en présence d'hydrogène et d'un catalyseur, suivant l'équation :

$$CS^2 + 2H^2 = C + 2H^2\,S$$

Le gaz doit être préalablement débarrassé de $H^2\,S$; la ponce palladinée ou platinée, le fer, le nickel, le cobalt, le cuivre finement divisés, sont d'excellents catalyseurs. L'auteur décrit une grande installation, capable de traiter 15 millions de pieds cubes de gaz par jour, construite sur ce principe à East Greenwich; la substance de contact est formée par une brique très poreuse, imprégnée de nickel réduit du chlorure. Lorsque cette substance s'affaiblit, elle est revivifiée en faisant passer un courant d'air à basse température.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 4 28 FÉVRIER 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Sir George Nares. — Le 15 janvier dernier est mort en Angleterre un homme dont le nom a été associé à plus d'une reprise aux explorations arctiques et aux recherches océanographiques, le vice-amiral Sir George Nares.

Né à Aberdeen en 1831, il entra dans la Marine anglaise à l'âge de 14 ans et fut promu lieutenant de vaisseau en 1851. Peu après il fut envoyé dans l'Arctique, sous les ordres du capitaine Belcher, à la recherche de l'Expédition Franklin. C'est là qu'il se familiarisa avec la navigation dans les glaces et avec les courses en traîneau.

Après son retour de l'Arctique, il commanda pendant de longues années à bord des vaisseaux-écoles pour les cadets navals ; puis il dirigea en 1871 et 1872 le lever hydrographique du golfe de Suez et l'étude des courants du détroit de Gibraltar. La perfection de ces derniers travaux désignait Nares pour d'autres recherches scientifiques et lorsque, en 1872, l'Amirauté britannique décida d'équiper un navire pour l'exploration des bassins océaniques du monde, Nares fut choisi pour commander le *Challenger*, désigné à cet effet.

On connaît l'œuvre océanographique accomplie par ce navire, de décembre 1872 à novembre 1874, dans l'Océan atlantique, au sud de l'Océan indien, le long du cercle antarctique et dans les mers du Pacifique, œuvre où Nares prit une part importante et qui a renouvelé complètement nos connaissances dans ce domaine.

Avant la fin de la croisière, le capitaine Nares fut rappelé en Angleterre pour prendre le commandement d'une expédition arctique, formée de deux vaisseaux, l'*Alert* et la *Discovery*, et dont le but principal était de chercher à atteindre le pôle Nord. Partis d'Angleterre dans l'été de 1875, les deux navires s'avancèrent par le détroit de Davis dans le Smith Sound, où la *Discovery* jetta l'ancre dans un mouillage sûr, pour former une base de retraite, tandis que l'*Alert* continuait le plus loin possible au nord. Mais il se heurta à des obstacles inattendus, les icebergs provenant du bassin polaire s'empilant dans cette région de manière à empêcher toute navigation, excepté sur le bord des côtes. L'habileté de Nares lui permit de conduire l'*Alert* dans une position peu exposée, où il se prépara à hiverner. Pendant l'hiver, trois expéditions en traîneaux furent organisées : la première, sous la direction du Commandant Markham, directement vers le nord, fut arrêtée par des obstacles infranchissables, dus à l'état tourmenté des glaces ; la seconde, sous le lieutenant Aldrich, suivit la côte dans la direction du NW, et la troisième, avec le lieutenant Beaumont, traversa le Smith Sound et suivit la côte du Groenland vers le nord ; ces deux dernières purent avancer beaucoup plus facilement. A leur retour à la fin de l'été, Nares reconnut qu'il était inutile d'essayer d'atteindre le pôle par le Smith Sound, et il résolut de rentrer en Angleterre. La façon dont il sut tirer des glaces sains et saufs l'*Alert* et la *Discovery* fut un véritable exploit de marin.

Son service actif à la mer se termina par un lever du détroit de Magellan en 1878, après lequel Nares fut nommé conseiller maritime du Board of Trade, poste qu'il occupa jusqu'à sa retraite en 1898[1].

§ 2. — Art de l'Ingénieur

Le sauvetage des équipages après les batailles navales. — Depuis le commencement de la guerre, la Marine anglaise a eu à supporter, en même temps que la perte d'un certain nombre de navires, heureusement presque tous de types anciens, celle, beaucoup plus sensible, d'un grand nombre d'officiers et d'hommes d'équipage. Le cas du *Formidable* a montré la grande difficulté de mettre les embarcations à la mer par suite de la tempête qui faisait rage, tandis que, dans celui du *Cressy*, de l'*Aboukir* et du *Hogue*, la plupart des hommes ne purent se maintenir à flot avant l'arrivée des secours.

L'inconvénient des bouées et autres engins de sauvetage analogues est que les hommes du bord ne peuvent

1. D'après *Nature*, t. XCIV, p. 565 (21 janv. 1915).

les avoir toujours sous la main, et les désastres arrivent en général si rapidement qu'on n'a pas le temps de s'en emparer.

Un ingénieur naval anglais bien connu, M. A. F. Yarrow, s'est proposé de rechercher le meilleur moyen de réduire les pertes de vies dans les désastres navals, et le journal *Engineering* expose ainsi le résultat de ses essais[1].

Pour lui, la condition essentielle d'un dispositif de sauvetage est d'être un vêtement propre à être toujours porté, de jour et de nuit, par tout l'équipage à bord, sans contrarier en aucune façon le travail des officiers et des hommes. Pour que ce vêtement soit toujours porté, il ne doit pas avoir l'apparence d'un appareil de sauvetage.

Au point de vue pratique, l'autre condition essentielle est qu'il possède dans l'eau salée une force de flottaison d'au moins 7 kilogs; des expériences nombreuses ont démontré que c'était suffisant.

M. Yarrow a pris le gilet comme la forme la plus convenable de dispositif de sauvetage, et comme substance destinée à en assurer le soutien sur l'eau il a choisi une garniture de kapok, matière végétale de la famille du coton, commune à Java, aux Indes et aux Philippines. Le kapok est imprégné d'une huile végétale qui l'empêche d'absorber l'eau rapidement. Les fibres sont très fines et bien attachées les unes aux autres, et la tension superficielle de l'eau autour d'elles assure une compression de l'air suffisante pour donner la force de flottaison nécessaire.

Le gilet « Miranda » est du type tricot, sans manches, et se boutonne seulement un peu plus haut que le gilet normal. Il est d'une grande épaisseur, et tout en grossissant un peu le corps de celui qui le porte, il ne lui donne pas un aspect inaccoutumé; on ne le distingue guère du type normal de marin à bord.

M. Yarrow a étudié le problème sous tous ses aspects, et fixé les détails, en particulier la disposition du kapok qui assure dans toutes les conditions le maintien dans une position verticale de la personne qui porte le gilet. Environ 1.500 de ces gilets ont été distribués déjà sur plusieurs vaisseaux de la flotte britannique, et ils sont portés constamment par les officiers et les marins, de sorte qu'un désastre provoqué par une mine ou un sous-marin n'entraînerait sans doute pas la sérieuse perte de vies qui a accompagné les premières catastrophes.

Comme mesure accessoire, M. Yarrow recommande de frotter le corps avec de l'huile pour parer aux désagréments de l'immersion dans l'eau. M. Marriner a fait sur ce point de nombreuses expériences, qui établissent le grand avantage d'une onction sur tout le corps avec une huile animale ou avec du pétrole naturel filtré.

§ 3. — Physique

La structure de l'atome. — Les découvertes réalisées ces dernières années, particulièrement celles du domaine de la radioactivité, ne permettent plus de supposer que l'atome soit insécable et indivisible comme on l'imaginait autrefois. C'est là un point, semble-t-il, bien établi, mais c'est peut-être le seul; et des difficultés ont surgi quand on a voulu préciser la structure de l'atome et en donner une image.

J.-J. Thomson[2] envisage l'atome comme constitué par une sphère d'électricité positive homogène qui remplit tout le volume de l'atome et dans laquelle sont disposés d'une manière uniforme des électrons en nombre suffisant pour neutraliser la charge positive. Ces électrons peuvent être distribués soit sur un seul plan, en anneaux concentriques, soit en coquilles sphériques analogues aux pelures d'un oignon. J.-J. Thomson a examiné mathématiquement et en détail les distributions possibles stables d'électrons dans un plan et en a déduit les arrangements possibles des électrons pour un certain nombre de valeurs différentes de la charge positive.

L'atome Thomson a incontestablement rendu un très grand service en donnant de la structure atomique une idée simple et facile à comprendre. Il rend assez bien compte des expériences relatives à la dispersion des rayons β ou des rayons X par la matière. Néanmoins, un phénomène étudié en détail par Geiger et Marsden soulève une difficulté : si l'on fait tomber sur une lame métallique un pinceau de rayons, α, une portion de ces rayons subit une déviation de 90° et la fraction du nombre total des particules qui subit cette déviation est bien plus grande que ne l'indique le calcul des probabilités appliqué à l'hypothèse de Thomson.

Afin d'expliquer cette dispersion des particules α sous un « grand angle », Rutherford[1] a été conduit à admettre que l'électricité positive à l'intérieur de l'atome est concentrée dans une région excessivement petite. Pour que l'atome puisse être électriquement neutre, il suppose que la charge positive est entourée, à une certaine distance, d'électrons distribués d'une façon appropriée. Il admet enfin que le noyau positif est le siège de la plus grande partie de la masse de l'atome.

Sur cette hypothèse Rutherford a édifié toute une théorie qu'il appelle théorie de la *dispersion simple*, par opposition à la *dispersion composée* de J. J. Thomson, et qui rend compte des principales particularités observées dans les expériences relatives à la dispersion par la matière des rayons α et des rayons β; en particulier, Geiger et Marsden[2], en comptant par la méthode des scintillations le nombre des rayons α dispersés sous les divers angles, ont obtenu des résultats entièrement conformes aux prévisions théoriques.

Certaines de ces expériences ont pu fournir des renseignements précieux sur les grandeurs des parties constitutives de l'atome et, plus particulièrement, de la partie centrale, du « noyau ». Ainsi, pour expliquer la vitesse donnée aux atomes d'hydrogène par le choc des particules α, il faut admettre que les centres des noyaux d'hydrogène et d'hélium peuvent s'approcher jusqu'à une distance de $1{,}7.10^{-13}$ cm.; si l'on admet que les noyaux soient sphériques, il s'ensuit que la somme de leurs rayons ne doit pas dépasser $1{,}7.10^{-13}$ cm., valeur extrêmement faible, inférieure même à celle ordinairement admise pour le diamètre de l'électron[3] (2.10^{-13}). Aussi bien, la méthode ne pouvant fournir que des valeurs approchées par excès, il n'est pas impossible, pense Rutherford, que le noyau ait des dimensions encore plus faibles; il n'y a dès lors aucune impossibilité à supposer que sa masse puisse être, comme on l'admet pour l'électron, d'origine purement électromagnétique. Le noyau d'hydrogène, possédant l'unité de charge électrique, serait, d'après Rutherford, l'électron positif.

Electrons positifs et électrons négatifs sont les deux unités fondamentales dont se composent les éléments.

Pour tous les atomes, on a donc une partie centrale chargée d'électricité positive, autour de laquelle gravitent les électrons négatifs. La partie centrale doit être formée elle-même d'un assemblage d'électrons positifs, c'est-à-dire de noyaux d'atomes d'hydrogène; il se pourrait que, dans certains cas, elle renferme en outre quelques électrons négatifs dont l'expulsion rendrait compte, d'après Bohr, des particules β à très grandes vitesses émises par quelques corps radioactifs.

De toute façon, la charge centrale, qui est positive, doit comprendre un excès d'électrons positifs. Les expériences de Geiger et Marsden semblent indiquer que la charge positive du noyau est approximativement $\frac{1}{2}$ Ae, ou A représente le poids atomique et e l'unité de charge.

1. *Engineering*, t. XCIX, n° 2560, p. 113.
2. *Phil. Mag.*, t. VII, p. 237; 1904.

1. *Phil. Mag.*, t. XXI, p. 669; 1911.
2. *Phil. Mag.*, t. XXV, p. 604; 1913.
3. Le diamètre du noyau d'hydrogène serait environ la 1800e partie du diamètre de l'électron.

Ceci signifierait que le nombre des électrons extérieurs dans un atome est représenté numériquement par la moitié environ de son poids atomique[1].

Dans la théorie de Rutherford, les propriétés de l'atome sont déterminées principalement par la grandeur de la charge du noyau, qui ne peut varier que par multiples de e ; et, en effet, l'on conçoit qu'il puisse en être ainsi si le nombre, la distribution et le mode de vibration des électrons sont régis par des forces qui naissent de la charge centrale. Cette hypothèse permet de penser qu'il doit exister des éléments dont les propriétés sont à peu près, sinon complètement identiques, mais dont les poids atomiques diffèrent sensiblement ; et, en effet, de nombreux éléments radioactifs, paraissant identiques au point de vue de leurs propriétés physiques et chimiques ordinaires et inséparables les uns des autres, sont cependant doués de propriétés radioactives distinctes. On peut citer, à titre d'exemple, les éléments ionium et thorium, le radium et le mésothorium ; il a été impossible d'obtenir la preuve que l'ionium donne un spectre lumineux différent de celui du thorium. Tout récemment, J.-J. Thomson a indiqué que le néon paraît être composé de deux éléments dont les poids atomiques sont 20 et 22 ; effectivement, Aston a trouvé qu'il était possible d'effectuer, par les méthodes de diffusion, une séparation partielle du néon en deux gaz dont les densités sont différentes ; ces deux gaz doivent être très voisins, car il est impossible de les séparer par la distillation fractionnée dans le charbon refroidi à la température de l'air liquide ; ils correspondraient à la même charge nucléaire, mais à des poids atomiques différents.

Les éléments radioactifs nous fournissent également des exemples de variation de la charge centrale. L'expulsion d'une particule α abaisse cette charge de deux unités, tandis que l'expulsion d'une particule β portant une seule charge négative provenant du noyau la relève d'une unité. Ainsi, l'uranium 1, dont la charge nucléaire est supposée égale à 92 unités, expulse une particule α et donne naissance à l'uranium X_1 dont la charge est 90 ; celui-ci, à son tour, expulse deux particules β et donne naissance à l'uranium X_2 dont la charge est 92 ; à la suite de la perte d'une particule α, ce dernier se transforme en ionium 90, lequel se transforme à son tour en radium 88, et ainsi de suite.

La structure de l'atome imaginée par Rutherford suscite des recherches intéressantes. On vient de voir qu'il existe des éléments radioactifs ayant des poids atomiques différents qui paraissent identiques au point de vue chimique. Ces *isotopies*, ainsi que les a appelées Soddy, semblent devoir se multiplier. On a émis l'hypothèse que le plomb est le produit terminal inactif aussi bien du radium que du thorium, et que ces deux types de plomb ont des poids atomiques qui diffèrent de deux unités ; la question de savoir si le plomb provenant de minéraux radioactifs a le même poids atomique que le plomb ordinaire est actuellement à l'étude. Il est possible que d'autres corps considérés comme simples soient en réalité des mélanges d'éléments *isotopes* inséparables par les méthodes chimiques ordinaires, mais séparables sans doute par diffusion ; le poids atomique du corps dépendrait de la proportion relative de ses composants, et il est possible que cette proportion varie selon les sources de provenance des matériaux. « Nous voyons, indique Rutherford, dans une intéressante étude[2], que l'étude des poids atomiques des atomes entre dans une nouvelle phase et qu'elle nous apportera très probablement des conclusions importantes dans un avenir rapproché ».

Peut-être, cependant, la structure de l'atome soulève-t-elle encore quelques difficultés. Ainsi Bohr a appelé l'attention sur ce fait que la distribution des électrons autour du noyau se rattache mal aux lois de la Mécanique classique. Il introduit une conception reliée à la théorie des quanta de Planck, qui complique grandement l'hypothèse simple de Rutherford. Aussi bien semble-t-il difficile, sinon impossible, de connaître la nature intime des phénomènes ; il suffit que les théories que nous en donnons s'accordent avec tous les faits connus, et c'est le cas, jusqu'ici, de l'image de l'atome proposée par Rutherford.

A. Boutaric.

1. Cette règle n'est qu'approximative. Van den Broek indique que la charge centrale peut être égale au nombre atomique de l'élément, c'est-à-dire à son numéro d'ordre dans la liste des atomes rangés suivant les poids atomiques croissants.

2. *Scientia*, novembre 1914.

§ 4. — Electricité industrielle

L'inauguration de la téléphonie transcontinentale aux Etats-Unis[1]. — De grandes cérémonies ont marqué, le 25 janvier dernier, l'inauguration publique du service téléphonique entre la côte atlantique et la côte pacifique des Etats-Unis. Le Dr Al. Graham Bell, l'inventeur du téléphone, a parlé de New-York à San Francisco, à 5.600 kilomètres, à M. Th. A. Watson, qui construisit sous sa direction le premier appareil téléphonique en 1876. D'autre part, le Président Wilson s'est entretenu de Washington, sur 5.900 kilomètres, avec M. Moore, président de l'Exposition internationale Panama-Pacifique, à San Francisco.

Dans une conférence faite à New-York, M. U.-N. Bethell, président de la Compagnie des Téléphones de New-York, a donné une idée de l'énorme développement pris par les services téléphoniques aux Etats-Unis. Aujourd'hui, le système Bell compte, en nombres ronds, 9.000.000 de postes d'abonnés, reliés par 34.500.000 kilomètres de fils ayant coûté pour leur installation 4.250.000.000 de francs. 160.000 hommes et femmes sont employés par les compagnies téléphoniques associées, desservant 25.000 villes et villages et 60.000 stations de chemins de fer. L'échange moyen de communications est de 26.000.000 par jour. A San Francisco et à New-York, il y a 685.000 stations téléphoniques, soit 50.000 de plus qu'à Londres, Paris, Berlin, Vienne, Bruxelles, Amsterdam et Petrograd ensemble, quoique la population de ces dernières villes soit le triple de celle des deux premières.

M. J. Carty a ensuite donné quelques renseignements sur la construction de la ligne transcontinentale. L'achèvement du dernier tronçon entre Salt Lake City et San Francisco a pris deux années, mais des améliorations nombreuses ont été apportées en même temps à l'ensemble du réseau. L'un des perfectionnements les plus importants auquel est dû le succès du service transcontinental est dû à l'emploi des « bobines de charge » de Pupin. Leurs dimensions varient avec le caractère de la ligne où elles sont placées ; on utilise dans le noyau de ces bobines du fil de fer isolé de 0,1 mm. de diamètre, dont 22.000 kilomètres sont employés sur la ligne New-York-San Francisco.

Entre New-York et San Francisco, il y a actuellement en opération deux circuits physiques et un circuit fantôme. Les circuits physiques sont formés de fil de cuivre étiré de 4,12 mm. de diamètre. Le poids total des quatre fils de cuivre de 5.600 kilomètres en service entre New-York et San Francisco est de 2.650.000 kilogs. Ces fils sont montés sur 130.000 poteaux ; il n'y a pas plus de 16 kilomètres du circuit en câbles souterrains. Trois conversations peuvent être échangées simultanément entre les deux extrémités, en même temps que plusieurs messages télégraphiques sur des portions de la ligne.

La ligne est surveillée continuellement par 1.200 hommes, chacun en relation avec le bureau central de New-York. Les dispositions sont prises pour que le point le plus inaccessible de la ligne soit atteint en moins de 2 heures, par un des moyens suivants : cheval, voiture, traîneau, ski ou automobile.

1. *Electrical World*, t. XLV, n° 5, p. 279 (30 janv. 1915).

§ 5. — Chimie industrielle

L'emploi de la viscose comme enveloppe pour les saucissons. — Jusqu'à présent on a utilisé comme enveloppe pour les saucissons le gros intestin, l'intestin moyen ou l'intestin grêle du bœuf, du mouton ou du porc, suivant le diamètre du produit à obtenir. Rien ne s'oppose à cette pratique, pourvu que les matières employées soient bien purifiées. C'est en général le cas, mais leur remplacement par une substance artificielle ne serait pas sans présenter de grands avantages.

Une enveloppe idéale pour saucisses devrait posséder les propriétés suivantes : La matière première doit être pure et uniforme. Le procédé de fabrication doit exclure toute possibilité de contamination par des germes pathogènes Le produit fini doit être de composition chimique uniforme, approprié au point de vue mécanique, d'aspect physique agréable, ne pas constituer une surface sur laquelle les moisissures et d'autres organismes peuvent se propager facilement, ne pas contenir de substances nocives pour l'organisme humain, être comestible et si possible digestible; enfin il doit pouvoir être conservé, emmagasiné et transporté pendant un temps indéfini sans détérioration.

MM. W.-P. Cohoe, E.-C. Fox et A.-J. Acton[1] viennent de communiquer à la Section canadienne de la Société anglaise de Chimie industrielle des recherches faites avec l'hydrate de cellulose, en utilisant la réaction de la viscose de Cross et Bevan, et qui ont conduit à des résultats tout à fait satisfaisants.

On utilise comme matière première la pulpe de bois sulfitée blanchie, qui est mercerisée par l'action de la soude caustique, puis lavée et traitée par le sulfure de carbone. L'addition d'eau produit une solution visqueuse épaisse, sans trace de structure fibreuse. La substance est ensuite manufacturée en tubes, et passe dans une solution saline qui la transforme en une gelée jaune. Les sous-produits de la réaction sont enlevés par lavage avec des solutions salines, puis à l'eau bouillante. Quand la quantité de cendres, déterminée par l'analyse, tombe à la proportion originale, le tube est séché, conditionné et enroulé pour l'expédition.

Actuellement, on prépare déjà des enveloppes de deux dimensions : large et moyenne; des enveloppes plus petites seront fabriquées ultérieurement.

La pulpe sulfitée blanchie est pure et uniforme; le traitement chimique qu'elle subit la rend aseptique. L'hydrate de cellulose représente un composé chimique défini, renfermant un peu d'eau et une faible proportion de cendres, 0,53 %, surtout des alcalins et des alcalino-terreux. Ses propriétés mécaniques sont satisfaisantes, et il est presque impossible de le distinguer des anciennes enveloppes. La surface, lisse et brillante, ne fournit pas d'abri aux moisissures et aux bactéries, et en tout cas elle ne constitue pas une nourriture qui leur permette de croître.

Au point de vue comestible, l'enveloppe ne se consomme guère que pour les petites saucisses. Dans ce cas, la mastication de l'enveloppe de viscose donne une masse douce non irritante, qui n'est pas nuisible pour l'organisme et qui se digère peut-être même en partie, l'hydrate de cellulose qui la constitue étant plus facilement attaquable que la cellulose des légumes par les sucs digestifs.

Enfin, les propriétés conservatrices de la nouvelle enveloppe sont excellentes. Dans les conditions ordinaires d'emmagasinement, elle n'est attaquée par rien et se conserve indéfiniment comme le papier et le tissu de coton.

La nouvelle industrie se développe au Canada et aux Etats-Unis et porte déjà un coup sensible à l'emploi séculaire des intestins d'animaux.

1. *Journal of the Soc. of Chem. Ind.*, t. XXXIII, n° 19, p. 947; 1914.

§ 6. — Botanique

L'exsudation de glace par les tiges des plantes. — Dans les nuits claires, la surface terrestre rayonne une grande quantité de chaleur dans l'espace, quantité qui peut s'élever jusqu'à un dixième de la constante solaire. Cette perte de chaleur par radiation peut conduire à la formation de glace, soit à la surface du sol, soit à la surface des végétaux.

Un physicien du Bureau des Poids et Mesures des Etats-Unis a repris l'étude de cette dernière question, tant à l'air libre qu'au laboratoire, et il est arrivé à des résultats intéressants[1].

Ses expériences ont porté sur le dictame (*Cunilla mariana*). Lorsqu'il est exposé à une température de 0°, des franges de glace se forment sur la plante, mais celles-ci ne sont pas fonction de la gelée blanche qui peut se produire sur le sol.

Ces franges ne se forment pas sur le côté d'un morceau de bois qui renferme la moelle, ni sur la ligne de fracture, mais sur la surface ligneuse extérieure. Cependant la formation de la frange de glace n'est pas en rapport avec l'état superficiel de la tige; fréquemment cette tige est fendillée, mais la glace ne sort pas des fentes.

La croissance des franges de glace cesse quand le sol est gelé à une profondeur de 2 à 3 cm., et quand l'humidité de la tige est gelée.

La dimension des franges de glace et la hauteur à laquelle elles s'élèvent au-dessus du sol dépendent de la vitesse d'évaporation de la tige et de la quantité d'humidité dans le sol. Il peut se former plus de 5 gr. de glace sur une seule plante pendant une nuit.

La glace peut se former sur des tiges séparées de leurs racines; la glace ne résulte donc pas de la pression hydrostatique exercée par les racines. Toutes les observations s'accordent, au contraire, pour montrer que l'humidité monte dans la tige par attraction capillaire. La hauteur (1 à 5 cm.) à laquelle l'humidité peut s'élever dans la tige est contrôlée en partie par la vitesse d'évaporation à la surface.

On reconnaît, par l'examen des coupes minces de plantes qui forment et d'autres qui ne forment pas de franges de glace, que les premières sont celles qui contiennent le plus de tubes de sève.

La frange de glace est composée d'un certain nombre de rubans très minces. Au laboratoire, on peut observer sa formation dès l'origine. Elle commence par une simple rangée de filaments de glace fins, semblables à des cheveux. Les filaments croissent en nombre et forment une dent de glace solide en forme de coin, qui constitue le second stade du développement. Dans le troisième stade, la dent de glace s'élargit et s'allonge par suite de la congélation de l'eau qui continue à sourdre de la tige.

Il ne paraît pas y avoir de différence entre la formation de ces franges de glace par les plantes et celle de la « glace du sol » sur les terrains humides, excepté que, dans ce dernier cas, c'est un petit caillou qui constitue le noyau d'où part la congélation. Dans les deux cas, l'humidité est amenée à la surface par action capillaire, et la glace se forme quand la vitesse d'arrivée à la surface est plus rapide que la perte par évaporation et que l'air est à une température suffisamment basse.

§ 7. — Physiologie

La ration du soldat en temps de guerre. — Dans une récente communication à l'Académie des Sciences, M. Armand Gautier[2] a recherché si la ration

1. *Journ. of the Franklin Institute*, t. CLXXVIII, n° 5, p. 589-621; nov. 1914.

2. *C. R. Acad. des Sciences*, t. CLX, p. 159-167 (1er février 1915).

actuellement fournie à nos soldats suffit à leurs besoins, particulièrement en hiver.

On sait que les aliments se composent, à part les sels minéraux, de trois grandes classes de principes nutritifs : les substances albuminoïdes ou protéiques, les graisses et les hydrates de carbone (amidon, sucres, etc.). L'analyse chimique permet de déterminer leur proportion dans chaque aliment, tandis que des expériences calorimétriques très précises indiquent la quantité d'énergie que chacun de ces principes nutritifs fournit à celui qui s'en nourrit.

Pour connaître le régime alimentaire normal d'un individu sous nos climats — c'est-à-dire celui qui suffit à conserver sensiblement le poids, la santé et les forces — M. Armand Gautier fait une moyenne entre ceux d'ouvriers laboureurs du Midi de la France, d'ouvriers du chemin de fer de Paris à Rouen et de campagnards des Flandres, qui ont été l'objet de mesures suivies. Il arrive ainsi à une ration apportant en moyenne 3.947 calories par jour, pour des régimes adoptés après une longue série de tâtonnements antérieurs, régime ayant permis à ces ouvriers de fournir un bon travail d'une façon continue. Dans les pays plus froids du nord de l'Europe, on arrive à une moyenne de 4.349 calories, soit une différence de 402 calories, attribuable à la température plus basse du milieu ambiant et aussi au poids plus élevé des individus du nord de l'Europe.

Si l'on calcule la valeur en calories de la ration de guerre du soldat français (pain 750 gr., viande fraîche brute 500 gr., potage condensé 50 gr., légumes secs 100 gr., sucre 31 gr., lard ou graisse 30 gr., café torréfié 24 gr., vin à 10° 250 cm³ ou eau-de-vie 62 cm³), on arrive au chiffre de 3.190 calories, inférieur donc à celui de l'ouvrier de nos pays soumis à un travail fatigant sans être excessif, et plus encore à celui de l'ouvrier des pays froids du Nord.

Cependant, nos soldats ont généralement paru assez satisfaits de leur alimentation, pendant la saison tempérée, et ils ont pu résister même en hiver, par des froids assez vifs, alors que la ration qui leur est allouée semble en déficit d'un quart environ sur leurs besoins. Cela tient à deux causes principales :

La première, c'est que ces soldats ne sont pas toujours en activité de combat; après 3 ou 4 jours de tranchée ou de bataille, ils vont se reposer à l'arrière un temps presque égal. Ils n'ont plus besoin, dès lors, que d'une ration moindre et se refont sur la ration forte de travail qu'ils continuent de recevoir.

La seconde, c'est l'envoi d'aliments supplémentaires par les familles, les Sociétés de secours et même l'Administration de la Guerre, qui viennent augmenter de 400 à 500 calories le régime du soldat. Mais on ne saurait tabler sur ces conditions un peu aléatoires et irrégulières.

M. Maurel et M. Lefèvre ont établi expérimentalement que, pour des hommes suffisamment vêtus, le passage du régime d'été à celui d'hiver entraîne une consommation supplémentaire d'aliments répondant à 800 à 1.000 calories. Pour réaliser normalement et utilement ce supplément indispensable actuellement à la ration de guerre, on peut recourir à diverses additions. M. Armand Gautier estime que le mieux serait de donner à nos troupes un peu plus de corps gras, d'aliments amylacés ou sucrés et de vin. On pourrait ajouter au régime actuel 30 gr. de graisses, 150 gr. de pain (ou 350 gr. de pommes de terre et 32 gr. de sucre) et 50 centilitres de vin à 10°. Ces additions représentent un appoint de 887 calories, qui serait suffisant.

§ 8. — Géographie et Colonisation

Les communications de la Russie et de la Sibérie avec l'Europe. — On sait que la guerre actuelle, en particulier par la présence d'une partie de la flotte allemande dans la Baltique et la fermeture des Dardanelles, a presque isolé la Russie du reste de l'Europe.

Une seule voie un peu directe restait ouverte : celle qui est formée par les chemins de fer de Finlande, de Saint-Pétersbourg à Tornéa, au nord du golfe de Bothnie, puis les chemins de fer suédois et norvégiens, de Karungi, sur la rive suédoise de la Tornea Alf, jusqu'à Trondhjem ou Bergen, et enfin les lignes régulières de navigation, protégées par la marine de guerre anglaise, de Trondjhem et Bergen à Leith ou à Newcastle.

En fait, c'est celle qui est utilisée par la poste et par les voyageurs depuis le commencement des hostilités. Mais elle n'est guère propice au trafic des marchandises, à cause des nombreux transbordements qu'elle nécessite, et malgré l'amélioration qui lui a été apportée récemment par la construction d'un embranchement de 15 kilomètres de Tornéa à un point situé directement en face de Karungi, sur la rive russe de la Tornéa Alf.

D'autres moyens de communication, plus adaptés au transport des produits naturels, en particulier des céréales, de Russie et de Sibérie vers l'Europe, et au ravitaillement de la Russie en produits manufacturés, ont dû être recherchés, et l'attention s'est portée en premier lieu sur la route maritime de la mer Blanche par le port d'Arkhangel. Cette route a joué un rôle important dans le commerce de la Russie depuis le XVIe siècle; elle fut même la seule porte de sortie sur l'Europe jusque

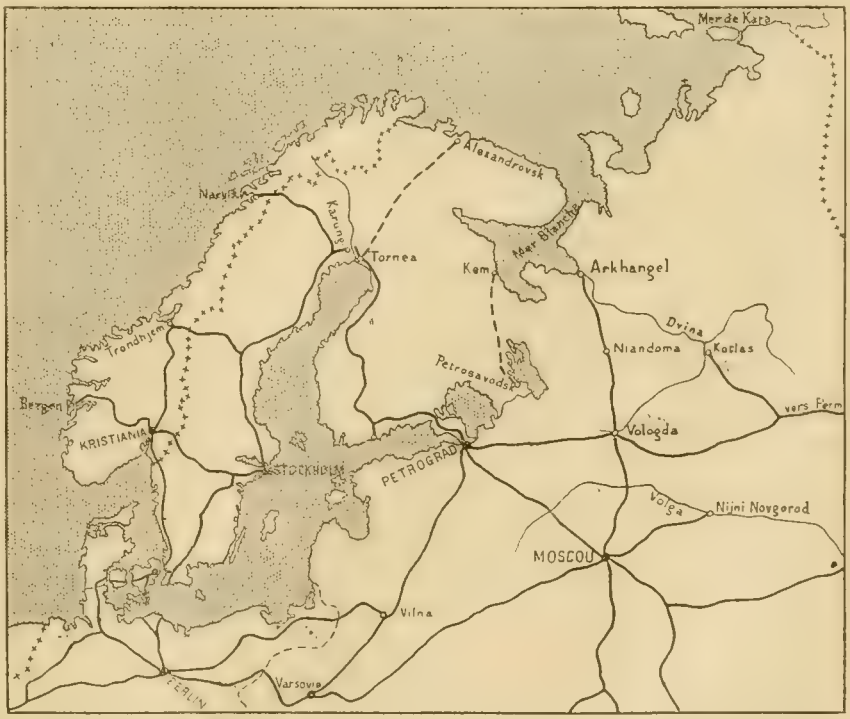


Fig. 1. — *Voies de communication de la Russie avec l'Europe*

vers la fin du XVIIe siècle, époque où Pétrograd commença à lui enlever son trafic, qui a été en déclinant depuis lors.

Un regain d'activité lui est revenu depuis la construction, à la fin du XIXe siècle, de la ligne ferrée Moscou-Vologda-Arkhangel, qui relie ce dernier port avec le centre de la Russie et le bassin de la Volga, et de la ligne Perm-Kotlas qui, prolongée par la Dvina, devait faciliter l'écoulement des céréales de Sibérie vers la mer Blanche.

Cette voie d'Arkhangel a repris subitement, par les circonstances actuelles, une importance de premier ordre. Ce n'est pas qu'elle ne présente quelques points faibles.

D'abord la ligne Vologda-Arkhangel n'a qu'une faible capacité de transport, parce qu'elle est à voie étroite et qu'elle ne possède qu'un matériel roulant limité. Pour augmenter le trafic, on a emprunté un certain nombre de voitures au chemin de fer Riazan-Oural, de même écartement; mais cet appoint est encore insuffisant, et le Gouvernement a dû commander 30 locomotives Mallet articulées et 500 wagons nouveaux.

En même temps, on a entrepris la construction d'un chemin de fer à voie large, presque parallèle à la ligne à voie étroite, entre Vologda et Niandoma, située juste à mi-chemin entre la première ville et Arkhangel. Ce chemin de fer sera terminé en juillet 1915, et livré au trafic régulier; il sera alors possible de concentrer sur la section Niandoma-Arkhangel tout le matériel roulant à voie étroite actuellement en service entre Vologda et Arkhangel, ce qui doublera la capacité de transport de cette section. Pour la nouvelle voie large Vologda-Niandoma, on dispose de tout le matériel roulant nécessaire.

En second lieu, le port d'Arkhangel n'est pas équipé pour faire face à un trafic considérable. Il manque de quais, d'appareils de chargement et de déchargement, d'entrepôts. Le terminus du chemin de fer est sur le côté de la Dvina opposé à la ville et est isolé du port. Par suite de la faible profondeur de la rivière près du wharf du chemin de fer, les vaisseaux à tirant d'eau un peu élevé ne peuvent approcher et on doit effectuer un transbordement au moyen de barges à faible tirant d'eau. On a calculé que le trafic du port ne pouvait dépasser 400.000 tonnes en moyenne par an, sans compter les bois flottés qui descendent la Dvina et ses tributaires jusqu'à Arkhangel et sont exportés ensuite par cette ville ou d'autres ports de la mer Blanche.

Malgré ces difficultés, il a transité à l'automne dernier par le port d'Arkhangel, en deux mois environ, plus de marchandises que pendant toute l'année précédente, et grâce à des améliorations en cours d'exécution le port sera mis en état de supporter un trafic encore plus intense, dès que la capacité de transport du chemin de fer sera augmentée.

Enfin, le dernier inconvénient de la voie de la mer Blanche, c'est qu'elle est fermée par les glaces pendant toute la saison froide. Mais l'emploi du puissant navire brise-glaces *Canada*, de 7.000 chevaux, permet de maintenir un chenal ouvert au commencement et à la fin de la période des glaces, et d'après l'opinion de l'ingénieur russe Kasipov, il ne semble pas que l'interruption de la navigation cet hiver doive dépasser deux à trois mois.

Pour décharger la ligne Vologda-Arkhangel, le Gouvernement russe vient de décider la construction d'une autre voie ferrée, de Petrozavodsk, sur le lac Onéga (relié par voie d'eau à Saint-Pétersbourg et au centre de la Russie), à Kem, autre port de la mer Blanche. Le tracé de la ligne, d'environ 400 kilomètres, est actuellement à l'étude et la construction commencera avant la fin de l'hiver, de façon à livrer la ligne au trafic dans l'hiver 1915-1916. Il se peut que des difficultés imprévues soient rencontrées dans les régions encore peu connues que le chemin de fer doit traverser; mais l'ordre a été donné de pousser les travaux rapidement, et l'on sait que les Russes ont acquis, par le Transsibérien et le chemin de fer du Turkestan, une grande pratique dans la construction de ce genre de lignes.

Il a été à plusieurs reprises question, dans la presse, de la construction d'une autre voie ferrée, de Tornéa, point terminus des chemins de fer finlandais, à Alexandrovsk, au nord de la péninsule de Kola, port qui aurait l'avantage d'être accessible à peu près en tout temps. Il est possible que la construction de cette ligne ait été envisagée, que des études préliminaires aient même été faites, mais toute autre information nous paraît prématurée.

En ce qui concerne la possibilité de relations directes par mer de la Sibérie avec l'Europe, la *Revue* a déjà signalé[1] les résultats obtenus par la Mission Nansen avec le vapeur *Correct*, dans l'été de 1913. Ce navire, parti le 5 août de Tromsœ, après avoir franchi la mer de Barents, le détroit de Kara et la mer de Kara, arriva le 27 à l'embouchure de l'Iénisséi, où il se rencontra avec des bateaux venus de l'intérieur qui apportaient des marchandises sibériennes.

Cet essai a été répété sur une beaucoup plus grande échelle pendant l'été dernier. Deux grands cargos, le *Ragna* et le *Skule*, quatre navires de rivière à faible tirant d'eau et deux grandes barges, frêtés par le Gouvernement russe, quittèrent Tromsœ le 16 août et arrivèrent le 30 à l'embouchure de l'Obi, où un navire de rivière et une barge se détachèrent pour remonter le fleuve jusqu'à Tomsk. Le reste de la flotte continua sa route vers l'Iénisséi, qu'il remonta sur 320 kilomètres jusqu'à Nononovsky où il arriva le 4 septembre. Les deux cargos procédèrent au déchargement de leur cargaison, composée surtout de ciment, et à l'embarquement de produits sibériens : bois, chanvre, lin, peaux et beurre. Le 19, tandis que les bateaux de rivière se préparaient à remonter le fleuve jusqu'à 1.000 kilomètres plus loin dans l'intérieur, le *Ragna* et le *Skule* reprenaient le chemin de l'Europe; après avoir rencontré plus de glaces que l'année précédente, ils arrivaient cependant sans encombre à Tromsœ le 30 septembre.

La preuve est donc une fois de plus donnée de la possibilité d'établir des relations annuelles par mer entre l'Europe et la Sibérie centrale.

L. B.

1. G. Regelsperger : La route de mer d'Europe en Sibérie. *Revue gén. des Sciences* du 15 août 1914, t. XXV, p. 704.

SÉRIE DE NÉGATIONS

Comme dans l'évolution géologique il y a des périodes de calme et de stabilité relative et d'autres, succédant aux premières, de grande violence, dans lesquelles nous pourrions dire que la courbe schématique de l'évolution a ses tangentes presque perpendiculaires à l'axe des temps ; — comme dans la transformation des sociétés humaines il existe aussi des périodes où l'ordre établi se conserve à peu près constant, comme si la société était parvenue à un état d'équilibre, et d'autres périodes de grande agitation révolutionnaire, où le progrès ne se contente pas de monter lentement, mais prétend progresser par sauts pour s'élever à des niveaux supérieurs ; — comme dans la littérature les époques classiques, qui sont également des temps d'équilibre, sont suivies par les agitations romantiques et les extravagances modernistes ; — de même, dans la science physique, à la stabilité et à l'équilibre succèdent à leur manière des éruptions volcaniques, transformations révolutionnaires, et un certain genre de modernisme scientifique.

Dans l'ordre intellectuel comme dans la société humaine, ces époques de bouleversement et de violences sont précédées par la *critique*, qui se montre toujours sévère pour le passé et cherche la perfection dans l'avenir.

Cette critique procède par négations. Elle cherche les piliers qui soutenaient l'ordre ancien et elle essaie de les saper un à un, de telle sorte que, si son objet était atteint, tout l'édifice s'écroulerait à la fois.

La Physique, en particulier la Physique mathématique, traverse depuis quelques années une grande crise. La science classique, celle de Galilée, de Newton, de Laplace, de Lagrange, de Cauchy, de Gauss, de Coulon, d'Ampère et de tant d'autres — je m'arrête parce que la liste serait interminable — cette science fondée presque en entier sur l'hypothèse mécanique s'est vue et se voit soumise à une critique implacable ; sur ses prétendues ruines, totales ou partielles, des hommes de grand talent se sont efforcés d'édifier une science nouvelle : la science moderne ; et après le moderne est venu le modernisme.

La critique à laquelle nous faisons allusion, parfois si exagérée, mais digne toujours d'étude et de considération, a formulé et continue de formuler une série de négations qui ne paraissent pas encore près d'arriver au terme et qui se poursuivent indéfiniment.

C'est cette série de négations que nous avons l'intention d'*énumérer* dans le présent article, sans prétendre les juger, nous bornant tout au plus à faire sur elles quelques observations en passant.

I

La première négation que nous rencontrons, le premier pilier de l'édifice classique que mine la critique, c'est celui de l'*action à distance* ou, mieux, de l'*action instantanée à distance*.

La force, dans la vieille Mécanique, celle de Galilée et de Newton, pour le dire en un mot l'attraction universelle, était au-dessus du temps et de l'espace.

Des portions infimes de matière, le dernier grain de sable d'une plage, la plus humble goutte d'eau de l'océan, un atome de l'air que nous respirons, sont en communication instantanée avec toute la matière de l'Univers ; un tel élément si petit, si minime, attire tout le Soleil, toute la masse de Neptune, attire la dernière spire de la nébuleuse lointaine ; et à leur tour ces éléments infimes de matière sont attirés par toutes les masses astronomiques.

Tout attire tout.

Et la loi de l'attraction est bien élémentaire, bien simple, bien docile au calcul mathématique : l'attraction est proportionnelle aux masses et varie en raison inverse du carré des distances.

Mais si les enthousiastes ont dit et continuent à dire : *la matière attire la matière suivant cette loi ;* les prudents ajoutent : *les choses se passent*, dans les phénomènes naturels, *comme si* la matière attirait la matière proportionnellement aux masses et en raison inverse du carré des distances.

La foi en l'attraction universelle a créé des prodiges, et l'attraction, réelle ou feinte, a servi de base à toute la science astronomique.

De sorte que cette négation, quelque importante qu'elle soit pour la philosophie scientifique, n'annule ni n'ébranle le grand monument de la Mécanique céleste.

Il suffit que les faits justifient les formules et concordent avec elles jusqu'au degré d'approximation désirable pour que la science classique subsiste indépendamment de toute interprétation philosophique.

Mais la *négation* de l'action à distance s'accompagne d'une autre, à savoir la négation de l'*action instantanée*.

Le sens commun appliqué à la science concorde avec la critique (que quelques-uns ont taxée de mesquine et de sensualiste) quand tous les deux affirment qu'*aucun corps ne peut exercer une action là où il n'est pas*, qu'une goutte de l'océan ne peut avoir prise sur Neptune et l'attirer à soi à travers des milliards et des milliards de kilomètres, et que cette attraction ne peut traverser l'espace comme quelque chose de spirituel avec une vitesse infinie.

Il est clair que les défenseurs de la métaphysique n'accepteront pas ces négations, qu'ils taxeront de grossières, sans lui opposer des affirmations aussi tranchantes que le sont les négations.

Pour un idéaliste, pour celui qui met en doute la réalité matérielle des phénomènes, ni l'action à distance, ni l'action instantanée ne sont si absurdes, ni si impossibles qu'elles paraissent à première vue.

Pour nous, dans cet article, nous ne discutons pas le fond de la question; nous nous bornons, comme nous l'avons dit en commençant, à *énumérer des négations*.

De toutes manières, même en admettant les négations comme fondées, elles ne substituent rien qui satisfasse absolument à la raison; car, si l'on dit que les forces attractives du monde astronomique, ou si l'on veut la gravitation, se transmettent dans l'espace pas à pas et avec une vitesse déterminée, qui sera celle de la lumière ou une autre, la difficulté n'est aucunement résolue pour cela; en parlant de cette manière, on n'a fait que la transporter de l'infiniment grand à l'infiniment petit.

Si l'action à distance répugne, par exemple, entre le Soleil et la Terre, sans admettre une substance intermédiaire, la même difficulté existe pour admettre des attractions ou des répulsions entre deux atomes. Des millions de kilomètres importent autant que des millionièmes de millimètre. Pascal a déjà dit, si je ne me trompe : l'infiniment petit est un masque de l'infiniment grand; c'est le géant déguisé en nain.

Il semble qu'on puisse trouver une solution à cette transmission de la force en acceptant la continuité de la matière; mais ce problème de la continuité et de la discontinuité, très profond avec son atmosphère métaphysique, est aujourd'hui lui-même à l'ordre du jour et constitue une des négations de la série, que nous signalerons plus loin.

Nous résumons ce qui précède dans les deux négations suivantes :

1° Négation de l'action à distance;

2° Négation de l'action instantanée.

Nous y ajoutons que ni l'une ni l'autre ne diminuent ce que la science classique possède de substantiel, ni ne détruisent son harmonie avec les faits, dans les limites de l'approximation que peut atteindre la science humaine.

Les amateurs discutent de philosophie scientifique; mais l'astronome pratique et l'astronome mathématicien continuent, avec leurs observations, leur mécanique céleste et leur action à distance pour le moins *presque instantanée*.

II

Que l'action à distance existe ou non, qu'elle soit ou non instantanée, une autre négation s'ajoute aux deux précédentes, laquelle, à dire vrai, n'a pas autant d'importance : la négation, dans beaucoup de cas, des *forces centrales*.

Pour appliquer les théories astronomiques, convenablement adaptées, à la Mécanique moléculaire, et pour appliquer surtout l'hypothèse mécanique dans toute sa pureté, plusieurs mathématiciens, entre autres Cauchy, ont réduit tous les phénomènes de la Physique à l'adaptation des équations de la Dynamique à des systèmes de points matériels entre lesquels se développent des *forces centrales* : systèmes astronomiques en miniature.

Mais l'expérience a démontré que c'était là une hypothèse qu'on ne peut toujours admettre comme exacte. Il saute aux yeux qu'il existe dans la Nature des forces qui ne sont pas centrales. L'action entre un courant électrique et un aimant n'est certainement pas une force centrale : l'aimant tend à tourner autour du courant ou le courant autour de l'aimant.

Quand deux masses infiniment petites sont homogènes et entourées d'un milieu homogène, de sorte que la droite qui unit les deux points est un axe du système, il n'y a pas de raison pour que la force ne soit pas centrale, et le vieux principe de la *raison suffisante* s'impose à l'esprit humain. Mais si les deux centres d'action sont dissymétriques, et si le milieu où ils sont situés n'est pas tant soit peu symétrique, sans avoir besoin de recourir à aucun modernisme, la vieille Mécanique donnera des résultantes qui ne coïncideront pas avec la ligne des centres.

De telle sorte que cette négation des *forces centrales* a un pouvoir incontestable dans beaucoup de cas; ainsi le maître Henri Poincaré, parmi ses œuvres admirables, a publié une *théorie de l'élasticité* dans laquelle il fait complètement abstraction des forces centrales, substituant à cette hypothèse le concept fécond connu sous le nom de

fonction de forces. En cela son œuvre se différencie fondamentalement de la théorie classique de Cauchy et de ses disciples.

Nous ajoutons donc aux deux premières cette nouvelle négation, bien qu'elle n'ait rien de révolutionnaire ni de dangereux ; elle occupe modestement un numéro dans la liste générale.

III

Nous continuons par la critique d'un concept qui domine toute la science classique : la *force*.

Nous ne *voyons* pas la force par vision directe, mais nous la sentons quand nous exerçons une pression sur un corps ou quand nous le tirons. Nous avons, en somme, conscience de la force, bien que sous une forme assez vague, la confondant plus ou moins avec l'énergie.

La force domine toute la Mécanique classique, et nous sommes si accoutumés à la voir représentée schématiquement par une ligne droite terminée par une flèche qu'il ne nous est pas facile de séparer l'idée pure de la représentation graphique.

Nous la voyons presque matérialisée dans la réalité : dans le fil ou dans la corde quand les systèmes sont soumis à une tension, ou dans la barre quand on les comprime, ou dans les différentes pièces d'une armature de fer. Même en électricité, Faraday a imaginé les tubes de force, et nous parlons constamment des lignes de force et déterminons leurs équations.

Cependant, certains critiques considèrent la force comme un pur idéalisme, mieux comme une *pure abstraction*, et il ne leur en faut pas davantage pour augmenter la série de négations de la philosophie moderne d'une négation de plus.

La force, disent-ils, n'est pas une réalité ; il faut donc la remplacer par la véritable réalité, qui est l'*énergie;* de là est résultée la théorie moderne de l'*Energétique*, avec ses ambitions juvéniles et aussi avec ses intransigeances, soit dit avec le respect qui lui est dû.

A la rigueur, la force peut être une abstraction; rien ne sert de le nier, mais cela ne suffit pas pour détruire ce pilier sur lequel s'appuie, et solidement, la Mécanique classique.

Car la science et même la pensée vulgaire se bâtissent avec des abstractions. Faut-il rejeter le point mathématique, parce que c'est une abstraction si on le compare à la ligne? Faut-il déprécier la ligne parce que c'est une abstraction en comparaison de la surface, ou la surface en comparaison du volume?

Abstraction en science ne signifie ni nullité, ni négation. C'est que l'intelligence humaine ne peut pénétrer dans l'absolu, comme elle le désirerait, ni l'embrasser, comme elle le convoiterait; elle doit se concentrer dans le fini, et pour atteindre le fini elle doit procéder par une série d'abstractions.

Si la force est une abstraction par rapport à l'énergie, une dimension de l'énergie mécanique (si cette comparaison est valable), pourquoi l'énergie ne serait-elle pas aussi une abstraction en comparaison de réalités d'ordre supérieur et plus compréhensives? Mais arrêtons-nous dans ce chemin qui nous conduirait fatalement au domaine de la Métaphysique.

Pour en revenir au terrain pratique, nous dirons que la force, comme tout concept de la Physique, du moment que, passant de la *qualité* à *la quantité*, elle peut être mesurée, peut, par là même, se réduire en nombre, entrer, comme concept de quantité, dans les formules mathématiques et prendre place dans la science théorique et dans la science expérimentale et dans leurs calculs, depuis les plus modestes jusqu'aux plus élevés. Arrivé à ce point, il n'est pas facile d'en faire abstraction, ni dans la science classique, ni dans la moderne.

Ainsi encore dans les théories les plus modernes la force apparaît constamment avec sa direction, sa grandeur et sa *flèche* caractéristique, et avec les formules mathématiques de ses composantes.

Mais dans l'évolution, dans la crise pourrions-nous dire, de la vieille Mécanique et de la Physique mathématique, si, jusqu'à aujourd'hui, elle a exercé une indiscutable hégémonie, celle-ci lui est disputée par un nouveau venu qui tend à la domination universelle et, sinon à annuler la force, du moins à la surbordonner. Nous faisons allusion au concept de l'énergie.

On peut dire que la force même a créé ce rival puissant en créant le *travail mécanique*, qui est une forme de l'énergie, et en créant en Dynamique l'*énergie cinématique*, ou, si l'on veut, la force vive. Depuis lors, l'Energétique a peuplé la Nature de beaucoup d'autres formes de l'Énergie, mais c'est une question dans laquelle nous ne pouvons entrer en passant.

Il est certain que le concept de l'énergie est aujourd'hui dominant dans les théories modernes, surtout dans les théories électriques et magnétiques, et qu'il parvient là où la force de la vieille Mécanique ne pouvait atteindre.

Mais toute domination, même légitime, peut se transformer par l'abus en tyrannie funeste, et l'on n'aperçoit pas qu'aucune théorie

nouvelle puisse faire abstraction du concept de force, qui, pour le moment, règne dans toute la Statique, c'est-à-dire dans tous les problèmes d'équilibre fondamentaux, quoique ce soient des problèmes abstraits et qu'ils n'atteindront jamais la réalité positive et absolue. La force domine aussi la *dynamique des masses pondérables*, qui est la Mécanique classique, et l'on y a constamment recours dans les théories les plus neuves de l'électricité et du magnétisme.

Nous possédons donc, dans la série de négations que nous enregistrons, une semi-négation de plus, qui se trouve dans le même cas que les négations précédentes : elle ne représente, ni ne peut représenter une ruine partielle de la science antique, mais plutôt une transformation ou une extension de celle-ci.

Dans sa marche, la science ne progresse pas par destructions, mais en élevant de nouvelles constructions qui élargissent et complètent son vénérable monument.

IV

En parcourant notre série, nous arrivons à une autre négation, que nous n'hésiterions pas à qualifier de formidable si nous ne craignions pas d'épuiser avant le temps la grande abondance d'adjectifs destinés à exprimer l'étonnement et la stupeur.

Si quelque chose paraissait solide et inébranlable dans l'ancienne Mécanique, c'était le concept de *masse*.

La masse était invariable, éternelle, indestructible : toujours la même. Elle pouvait se subdiviser dans l'espace, mais la somme de ses parties était toujours égale à la masse primitive. Si, en choisissant des unités convenables, la masse s'exprimait par un nombre, ce nombre était inaltérable au siècle des siècles : la masse était éternelle.

Sans le chercher, instinctivement, nous confondions la *masse* avec la *matière même* dans ce qu'elle possède de plus essentiel et permanent. La masse était la quantité de matière, et plus il se concentrait de matière en elle, plus la masse était dense et s'exprimait par un nombre élevé.

Ce sont des tendances de l'esprit, de la légitimité desquelles on peut douter, mais ce sont des tendances naturelles que les réalités de la vie et même les théories scientifiques fortifient chaque jour.

Toute la Chimie part de ce postulat, et la Chimie classique s'écroulerait si on admettait la variabilité pratique de la masse.

Qu'un corps soit immobile ou qu'il se mette en mouvement, qu'il chemine lentement ou qu'il se précipite avec la vitesse de la lumière, tout le monde croyait que sa masse demeurait invariable. En un mot, la masse était indépendante de la vitesse.

Or à cette affirmation catégorique de la science classique, je ne dirai pas la critique, mais la science moderne, les théories les plus prestigieuses de celle-ci et les mêmes expérimentateurs de cabinet opposent une *négation aussi catégorique*. La masse n'est pas invariable; elle est fonction de la vitesse et aussi de la direction de la vitesse. Il y a une masse longitudinale, et une autre transversale, dépendant toutes deux de la vitesse; généralisant cette idée, on est porté à croire qu'il y a une masse distincte pour chaque orientation; mais l'explication de ce point nous conduirait trop loin.

La situation de la Mécanique classique devant de telles négations et de telles affirmations est véritablement difficile. Elle avait compté jusqu'à présent avec une masse unique et constante; et subitement elle en rencontre, pour le moins, deux : la longitudinale et la transversale, et toutes deux sont variables avec la vitesse du mobile.

Voici un exemple, une expérience imaginaire, qui nous permettra peut-être d'expliquer ce singulier concept de la masse variable avec les concepts de la Mécanique classique.

Imaginons un corps M dont nous prétendons trouver la masse m expérimentalement. Soumettons le corps M durant un temps t, et dans le sens de la ligne droite que doit parcourir son centre de gravité, à une force F que nous pouvons mesurer et que nous supposerons constante durant le même temps t. L'expérience consiste simplement à mesurer la vitesse v que la force a communiquée au corps. De l'équation élémentaire

$$mv = Ft,$$

nous pourrons déduire l'inconnue m, qui sera exprimée par

$$m = \frac{Ft}{v}.$$

Connaissant F et t, et ayant mesuré v, nous trouverons la valeur de m. Et si nous répétons l'expérience une, deux, cent fois, nous trouverons toujours la même valeur de m, en tenant compte des petites erreurs d'expérience.

Nous avons prouvé une fois de plus la constance de la masse, quoique, dans la série des expériences, et de l'une à l'autre, F, t et v aient varié.

Mais supposons qu'avant d'effectuer une autre expérience nouvelle un esprit malin unisse le

corps M par un ressort subtil à un système élastique, à une espèce de dynamomètre, et que le dynamomètre et le ressort soient si subtils et si invisibles que nous ne les apercevions pas, et que nous croyions nous trouver pour la nouvelle expérience dans les mêmes conditions que pour les précédentes.

Si l'élasticité de ce système de ressorts agit de façon à s'opposer au mouvement, en mesurant la vitesse nous trouverons une vitesse v' moindre que la précédente, et la nouvelle valeur m' de la masse sera

$$m' = \frac{Ft}{v'},$$

évidemment supérieure à la valeur constante obtenue dans les expériences antérieures, puisque v' est moindre que v.

Notre étonnement sera justifié si, avec la science classique, nous croyons à l'invariabilité de la masse et si nous ignorons que l'expérience s'est compliquée par l'addition d'un système élastique.

Quelque chose de semblable s'est produit pour beaucoup de problèmes de la science d'autrefois, depuis que les phénomènes électriques sont venus compliquer ceux de la vieille matière pondérable, cette matière traditionnelle, si simple et si ingénue.

Quand une petite sphère se meut avec une charge électrique, le *système élastique* de notre exemple est constitué par *cette charge* et *tout le champ électromagnétique* qu'engendre la charge en mouvement au sein de l'éther, à savoir : le champ électrique radial et en plus les anneaux magnétiques qui entourent la ligne du mouvement.

La dynamique de l'électron d'Abraham et la théorie des électrons de Lorentz, théories nouvelles vraiment admirables, ont contribué puissamment à créer le nouveau concept des masses électromagnétiques variables avec la vitesse et avec l'orientation, théories toutes soumises au calcul.

A première vue ces théories, en grande partie vérifiées par l'expérience, atténuent la crudité de la négation primitive, parce que ce n'est pas la masse pondérable qui change ; mais la substance pondérable classique s'accompagne d'un autre élément, l'*électricité*, qui, s'il n'a pas de masse, la figure, par le mouvement précisément : masse variable avec la vitesse, et de la variabilité de laquelle la matière pondérable se fait complice en quelque sorte, sans qu'elle soit la cause de ce bouleversement apparent de lois classiques de la Physique.

Qu'on puisse étudier le mouvement du fluide électrique ou, plus concrètement, de l'électron ; qu'on lui attribue une masse, qui n'est pas concentrée en lui comme dans les corps pondérables, mais qui est, d'une certaine façon, diffusée dans l'éther ; enfin que les charges électriques en mouvement figurent, si le mot peut s'employer, des masses et des inerties que les maîtres expliquent par des calculs aussi élégants que hardis : tout cela est digne d'admiration et de respect.

Mais cela ne suffit pas pour altérer la fixité d'une des grandes lois de la science classique : l'invariabilité de la masse. Ainsi pourraient arguer les défenseurs de la Tradition en Mécanique et en Physique mathématique, en essayant, pour affaiblir la négation déconcertante, de créer une espèce de *modus vivendi* entre la masse pondérable invariable, entre la matière qui nous entoure et à laquelle nous sommes habitués, et les nouvelles lois de l'électricité en mouvement.

Mais le *modus vivendi* court des risques, et la négation s'affirme et redouble, comme nous allons le voir.

V

L'hypothèse de l'atome, qui n'était encore récemment qu'une hypothèse, est considérée aujourd'hui par presque tous les physiciens, y compris l'illustre Poincaré, comme une réalité, grâce aux admirables expériences de Perrin. Les atomes se comptent, se mesurent, et l'enthousiaste va jusqu'à dire : se voient.

Aujourd'hui, cependant, où ils s'affirment comme une réalité, fond sur eux une négation terrible, on pourrait presque dire une sentence de mort.

L'atome était, dans l'esprit des physiciens et des chimistes de la vieille Ecole, l'unité la plus simple, insécable, incorruptible, éternelle.

Un atome de la matière pondérable, un atome d'oxygène, d'hydrogène, d'azote, en passant par nos laboratoires, venait, selon l'opinion unanime, des abîmes du passé et des profondeurs de l'espace tel qu'il nous arrivait, et en sortant de nos appareils pour se lancer dans les nouveaux abîmes de l'avenir, il continuait toujours le même.

L'atome était éternel. Les philosophes de l'Ecole matérialiste pouvaient l'appeler un dieu : le Dieu atome.

L'invariabilité de la masse dont nous venons de parler s'expliquait par l'invariabilité de l'atome.

Et voici une nouvelle négation ou une nouvelle série de négations ! *L'atome n'est pas invariable.*

Et ce n'est pas une théorie : la complexité de l'atome, sa décomposition, son éboulement, ses

transformations, enfin, se voient et se suivent et même se mesurent. C'est ce que nous disent les corps radio-actifs et toute la théorie de la radio-activité.

Il est vrai qu'à l'origine les corps radio-actifs étaient des exceptions ; mais aujourd'hui on considère que la radio-activité est une propriété générale de la matière, qui s'exalte dans l'uranium, le radium et ses congénères.

Aussi, dès le moment où l'atome classique eut perdu son unité et son prestige, et où chaque atome fut considéré comme un système infiniment petit, mais infiniment complexe, l'imagination a bondi et les hypothèses se sont multipliées sur la constitution de ces êtres infinitésimaux.

Nous avons l'atome de Thomson, avec son élément central d'électricité positive, dans lequel sont pour ainsi dire emboutis des électrons négatifs en forme d'anneaux ; il s'établit ainsi, par le jeu des attractions et répulsions réciproques, un équilibre qui parfois dure, et alors l'atome reste invariable, et qui parfois se rompt, le nombre d'anneaux et le nombre d'électrons dans chaque anneau étant invariable [1].

Une nouvelle hypothèse convertit l'atome en une espèce de système planétaire, avec son électron positif au centre et ses électrons négatifs non emboutis, mais tournant autour de lui à la manière de planètes.

Sans respect pour le mystère de l'atome, on a encore augmenté sa complexité, en y introduisant un nouveau système de magnétons.

En somme, l'atome extrêmement simple, celui des anciennes théories atomiques, est devenu un complexe électrique dans lequel toutes les hypothèses ont une application et des défenseurs illustres. Sans prétendre les étudier pour le moment, et en les prenant toutes en bloc, il en résulte une tendance puissante à convertir l'atome traditionnel de la matière pondérable en un *système électrique de complication extraordinaire :* atomes libres, anneaux, courants, magnétons, tout un monde électrique sans reste explicite de matière pondérable.

Ainsi, dans cette nouvelle théorie, la matière pondérable disparaît ; tout est électricité dans l'Univers : l'électron négatif, l'électron positif, le courant électrique et le magnétisme qui, par l'hypothèse d'Ampère, se convertit en un système de courants.

Si le *modus vivendi* que nous avions établi plus haut pour conserver à la masse pondérable son invariabilité était bien ce qu'il prétendait, il reste en fait brisé et annulé, et de la manière la plus désastreuse pour la vieille matière de la tradition classique.

Il est vrai que, si la matière pondérable n'existe pas comme substance spéciale et essentiellement distincte du fluide électrique ou des atomes électriques, il n'y a plus à se préoccuper de l'invariabilité de la masse de l'ancienne Mécanique. A la rigueur, elle est *constante*, puisque, n'existant pas, elle est égale à zéro. Beau triomphe ! la constance du zéro, l'invariabilité du néant.

Mais, si la masse pondérable n'existe pas, et si toute masse est électromagnétique, toute masse sera essentiellement variable et dépendra de sa vitesse. La négation que nous avons signalée précédemment acquiert une force énorme, et les accommodements ni les palliatifs ne valent plus rien : la masse est essentiellement variable, et l'un des piliers de la Mécanique classique s'effondre complètement.

VI

Cela paraît ainsi à première vue, et cependant la crainte n'est pas fondée. Qu'il en soit ce que l'on voudra de la matière pondérable, qu'elle se réduise ou non à un ensemble de systèmes électriques, même en admettant pleinement les nouvelles théories, le fait est que, non seulement pour la pratique de la vie, mais même pour la science classique en apparence menacée, le danger n'est pas si grand que nous l'imaginions, et la Mécanique des anciens maîtres, à part des modifications de détail, en a encore pour quelques siècles d'existence.

Il nous faut faire ici une observation fondamentale.

Supposons que la seule masse est la masse électromagnétique, et qu'il faille distinguer deux masses : la longitudinale et la transversale. Selon les admirables théories de Lorentz, les valeurs de ces masses, développées en séries, procèdent par termes ordonnés suivant les puissances de v/c, où v est la vitesse du mobile et c la vitesse de la lumière, et où le premier terme est indépendant de v.

De sorte que, et ceci est capital, si la vitesse du mobile n'est pas comparable à la vitesse de la lumière, la fraction v/c sera suffisamment faible pour qu'on puisse négliger toutes ses puissances, et il restera un terme constant indépendant de v.

Ainsi [1], les deux masses m', m'', pour des valeurs très petites de β, peuvent être considérées comme égales :

$$m' = m'' = \frac{e^2}{6 \pi R c^2}$$

1. *Philosophical Magazine*, n° 39 (mars 1904).

1. Lorentz : The Theory of Electrons, p. 39.

et indépendantes de v : il y a une masse unique et constante par rapport à la vitesse.

Pour la majeure partie des théories nouvelles, on peut faire une observation analogue.

En résumé, la Mécanique classique ne sera pas la vérité absolue; mais la vérité absolue n'est ni dans la science classique, ni dans la moderne, ni dans la modernissime.

La science classique sera une *approximation* de la science absolue, le premier terme, pour ainsi dire, d'une série ; les termes suivants sont de *nouvelles approximations*, qu'obtient une science plus récente, mais très petites en comparaison de la première, de même que v n'est pas comparable à c.

La Mécanique classique tomberait en ruines si, l'Univers étant pris de folie, les soleils, les planètes, les nébuleuses, les atomes et tout ce qui existe commençaient à s'agiter avec des vitesses v comparables à c.

Et qui sait si même alors nous ne pourrions nous réfugier dans les vitesses relatives. Car tant que le Cosmos reste judicieux et se meut avec les vitesses relatives qu'il possède aujourd'hui, la vieille Mécanique, la science classique, celle de Newton, de Galilée, de Laplace et de Lagrange, ne court aucun danger sérieux.

Cela ne diminue pas d'un atome, puisqu'il s'agit d'atomes, l'importance scientifique des nouvelles théories, ni la grande ingéniosité et le profond talent que révèlent leurs auteurs.

VII

Mais nous n'en avons pas fini avec les *négations*; il nous reste encore une bonne partie de la série, et la plus belliqueuse.

Nous n'avons rien dit de la négation qui se rapporte au principe d'égalité entre l'action et la réaction; rien non plus du principe de la Mécanique classique qui fait dépendre l'action des forces seulement de l'état géométrique présent, sans tenir compte des vitesses actuelles, ou, plus généralement, de l'histoire dynamique du système, principe nié absolument par la critique.

Nous n'avons pas parlé davantage du problème de la *continuité* et de la *discontinuité*, dans lequel beaucoup arrivent à nier jusqu'à la continuité de l'énergie, la convertissant en atomes : Planck discute sur les atomes d'énergie comme autrefois l'on discutait sur les atomes d'oxygène ou d'hydrogène.

Et par cette voie on parvient à nier la légitimité de l'application des équations différentielles à la Physique mathématique, degré extrême de négation qui a effrayé la puissante intelligence et le sévère esprit critique de H. Poincaré.

Pour mettre un terme aujourd'hui à cette liste, nous signalerons l'un des problèmes les plus profonds qui s'agitent à l'heure actuelle : le *problème de la relativité* et la négation de la Cinématique classique, par exemple les admirables hardiesses d'Einstein.

Tous ces problèmes restent pour plus tard. Mais nous ajouterons pour terminer que, quelque graves qu'ils soient, la vieille Mécanique, à notre avis, échappe à tous, pourvu que v, comme nous l'avons dit, ne soit pas comparable à c. La science du XIXe siècle restera toujours le premier terme, et le plus important, d'une série d'approximations : les théories modernes en seront le second terme, et les plus récentes le troisième, tandis que la science future constituera les autres.

Ce qui importe, c'est que *la série soit convergente*.

VIII

Ainsi la Mécanique, la Physique mathématique, la science classique sont dans une période de crise, Poincaré l'a dit. Mais cette crise n'est pas une crise de mort, c'est une crise de vie nouvelle. Les agitations prodigieuses de la période que nous traversons ne sont pas les derniers tremblements de l'agonie, mais les mouvements puissants de l'enfantement[1].

J. Echegaray,
Président de l'Académie des Sciences de Madrid.

1. Traduit de l'espagnol par M. Louis Brunet.

QUE FAUT-IL PENSER DE L'ÉPUISEMENT DE L'ALLEMAGNE?

Comme il est aujourd'hui certain que la guerre durera plus longtemps qu'on ne se l'était d'abord imaginé, on est naturellement amené à se demander si nos adversaires, qui ont manifestement beaucoup de peine à se ravitailler, n'auront pas bientôt épuisé les ressources dont ils peuvent disposer.

Lorsqu'on envisage dans leur ensemble l'activité économique et l'intensité de production de l'Allemagne et de l'Autriche (qui sont aujourd'hui à tous égards si étroitement unies), on éprouve ce sentiment qu'il ne peut être question pour les populations de l'Europe centrale d'une véritable famine. Il faudrait, pour que

l'Allemagne fût réellement « réduite aux abois », que la guerre durât deux ans au moins.

Il faut cependant reconnaître qu'elle est dès maintenant dans une situation difficile. On peut parler de pénurie à un triple point de vue : pénurie en hommes, pénurie en denrées alimentaires, pénurie en matières premières et spécialement en métaux.

I

La pénurie en hommes se traduit par une diminution considérable du nombre des officiers et surtout par une diminution très sensible dans la qualité des combattants. C'est une des raisons pour lesquelles les Allemands ne font plus maintenant de progrès ; on ne peut plus demander aux soldats actuels le même effort qu'aux troupes du mois d'août.

Combien nos ennemis pourront-ils encore mettre de milliers d'hommes en ligne, il n'est pas facile de le dire. Un publiciste américain, qui s'est livré dernièrement à Berlin à une consciencieuse enquête, estime qu'un pays aussi fortement militarisé que l'est l'Allemagne peut aisément utiliser pour une guerre d'extermination comme celle où elle s'est engagée le dixième de sa population. Or, la population de l'Allemagne, il y a 18 ans (il faut nécessairement remonter à cette époque), n'atteignait pas encore 60 millions d'habitants. C'est donc sur un total de 6 millions de « combattants » qu'elle peut compter : il est peu probable que ce chiffre puisse être sensiblement dépassé. D'après les rapports les plus dignes de foi, les Allemands ont perdu, sur les deux fronts où la lutte est engagée, 2 millions d'hommes au moins. Ils ont encore au moins 1.800.000 hommes sur leur front occidental : Belgique, France, Lorraine et Alsace, et 1.200.000 ont été envoyés contre la Russie. Ils disposent donc d'une réserve d'un million de combattants, auxquels il faut ajouter les 6 ou 700.000 blessés qui pourront reprendre leur poste de combat. Il convient en outre de remarquer qu'un assez grand nombre d'hommes de tout âge ont été mobilisés sur place, parce qu'on les a jugés aptes à rendre plus de services là où ils sont que dans l'armée proprement dite. Le Gouvernement a maintenu dans les usines qui fabriquent le matériel de guerre des ouvriers d'élite, des techniciens, des contre-maîtres, des ingénieurs et des sous-ingénieurs, dont le nombre est difficile à déterminer. Ce qui me paraît certain, c'est que l'Allemagne est encore en état, malgré les pertes qu'elle a subies, de mettre en ligne de gros effectifs.

Il est incontestable néanmoins que ses possibilités sont moindres que celles de la Russie, qui a 170 millions d'habitants, et que celles de l'Angleterre, qui n'est pour ainsi dire qu'au début de son effort et qui n'a tiré jusqu'ici de son immense empire colonial qu'un petit nombre de combattants. Chaque jour qui passe augmente l'usure de l'armée allemande : le flot tarira forcément peu à peu. Un écrivain militaire distingué, le colonel Gatti, écrivait récemment que la victoire appartiendrait au dernier million de troupes fraîches « à condition que ce million apporte avec lui un moral supérieur ». Cette condition de moral supérieur, il est permis aujourd'hui de penser qu'elle se trouvera du côté des Alliés.

II

La pénurie en denrées alimentaires n'est pas moins inquiétante pour nos adversaires que l'usure en hommes. L'Allemagne a aujourd'hui 69 millions d'habitants. Or elle ne peut, même dans les bonnes années, en nourrir plus de 50. L'année 1914 a été une année médiocre, et dans la Prusse orientale, que la Russie avait envahie au mois d'août, les récoltes n'ont pu être achevées. L'Allemagne est obligée d'acheter au dehors, pour une partie notable de sa population, ce qui est nécessaire pour qu'elle ne meure pas de faim, et les arrivages sont en ce moment singulièrement réduits.

Les provisions de blé s'épuisent. On recommande déjà de manger le moins de pain possible, on interdit la fabrication des pâtisseries et des gâteaux, et on a constitué à Berlin une société dite des « céréales de guerre », chargée de régulariser la consommation.

Puis on a fixé un maximum pour empêcher les spéculations, et le Gouvernement s'est décidé finalement à proclamer le monopole d'Etat en allouant à chaque habitant 2 kilogs par semaine.

Le seigle est presque aussi rare que le blé et l'orge fait défaut. Le prix du maïs a doublé, le riz est presque introuvable. Le prix des légumes augmente. Quoique l'Allemagne produise beaucoup de pommes de terre, on recommande de ne pas les éplucher et on va probablement aussi organiser un monopole d'Etat. On invite les habitants à ne pas laisser le moindre bout de champ ou de jardin inutilisé; on plante des légumes dans les terrains urbains non bâtis, comme dans les landes et les friches ; les cultivateurs remplacent les betteraves par d'autres cultures pouvant servir à l'alimentation.

On va manquer de nourriture pour les animaux, car on recevait beaucoup de fourrages de l'étranger. Le *Berliner Lokal Anzeiger* donnait récemment un article qui portait ce titre significatif : *Das drohende Futternot in Berlin.*

C'est la pénurie de fourrage qui explique que le prix de la viande a peu augmenté, car on a tué beaucoup d'animaux. On a mené aux abattoirs, pendant le mois d'octobre dernier, 92.012 bœufs et 487.476 porcs, au lieu de 61.922 et 394.551 pendant le mois d'octobre 1913.

Ces faits provoquent beaucoup de mécontentement dans les classes populaires. Et malgré les efforts du Gouvernement pour tromper l'opinion publique, on se demande si l'Empereur n'a pas entraîné l'Allemagne dans une inquiétante aventure.

III

La disette de métaux est plus grave encore. La guerre coûte très cher : près d'un milliard et demi de marks par mois. Si on réussit à acheter au dehors bien des choses, il faut les payer ordinairement en or, et les payer fort cher.

Sans doute l'Allemagne avait préparé avec soin sa mobilisation financière. Après avoir obtenu pour l'accroissement de ses effectifs de gros relèvements de crédits, elle avait fait voter la contribution exceptionnelle connue sous le nom de *Wehrbeitrag* qui, dès l'été dernier, lui avait donné plus d'un milliard de marks. Le Gouvernement impérial avait en outre fait procéder à une frappe supplémentaire de monnaie, en même temps qu'il avait augmenté la monnaie fiduciaire dans de fortes proportions. La Banque d'Empire s'est ingéniée depuis le mois de juillet à faire affluer dans ses caisses l'or qui se trouvait chez les particuliers ; son encaisse dépasse actuellement 2 milliards de marks (on sait que celui de la Banque de France est de 4 milliards). On avait aussi créé des caisses de prêts, autorisées, pour se constituer un capital, à émettre des billets que la Reichsbank a été contrainte à recevoir. Ce grand établissement a émis à son tour des bons de caisse impériale. La situation monétaire n'en est pas moins défectueuse. Elle a pour conséquence une forte dépréciation du mark, qui a perdu 12 % de sa valeur. On s'est, par un emprunt, procuré 4 milliards en recourant à une énorme pression. (Une bonne partie de cet emprunt a été souscrite par les caisses d'épargne et les caisses de prêts.) On met en ce moment la main sur tout l'or qu'on peut se procurer, on va jusqu'à fouiller les voyageurs venant des pays neutres pour les obliger à échanger contre des billets l'or ou l'argent dont ils sont porteurs. La situation s'aggrave de jour en jour.

Le fer n'est pas moins utile à l'Allemagne que l'or, et elle en trouve dans notre bassin français de Briey. Mais le cuivre manquera prochainement. On confisque tous les objets en cuivre sur lesquels on peut mettre la main ; on s'est emparé en Belgique et dans nos départements du nord des ustensiles de cuisine, de la plupart des appareils et même des œuvres d'art fabriqués avec ce métal. Le plomb aussi est devenu rare ; on prend des « planches » chez les imprimeurs. Il n'y a plus de nickel ni d'aluminium. Si on a trouvé le moyen de fabriquer des explosifs avec du chlorate de potasse, le manque de nitrate et de salpêtre est une gêne considérable. L'Allemagne ne peut plus compter sur le pétrole de la Galicie ; elle n'en reçoit de Roumanie que de faibles quantités.

Le manque de matières premières réagit sur beaucoup d'industries. La métallurgie qui travaille pour la guerre est très active, mais ce sont les grandes maisons seules qui sont largement occupées. L'industrie minière ne peut donner, faute de bras, que les 2/3 de sa production. On fabrique du drap pour les troupes, mais l'industrie textile, qui occupe un grand nombre de femmes, est paralysée dans plusieurs régions par le manque de laine et de coton. L'industrie sucrière traverse une période critique, car une bonne partie de sa production était vendue aux Anglais. Une foule d'industries (porcelaine, jouet, librairie) sont dans le marasme.

Le commerce, le commerce extérieur surtout, souffre encore davantage. Les trois quarts du commerce extérieur de l'Allemagne se faisaient par mer. Que peut-il en rester ? Les transports qui se font encore dans la mer Baltique ne peuvent dédommager les grandes compagnies de navigation des pertes qu'elles ont subies. La vie à Hambourg est paralysée. Le commerce intérieur, quoi que prétendent les journaux, laisse aussi fort à désirer. L'auteur d'un intéressant article de la revue *Die neue Zeit* avouait dernièrement, à propos de la crise du bâtiment, que plus la guerre se prolongeait, plus la situation de l'Allemagne devenait inquiétante (*Je länger der Krieg dauert, um so trüber zeigt sich die Zukunft*). Il prévoyait aussi qu'une partie des classes populaires tomberait dans la misère.

Ne nous faisons cependant pas trop d'illusions. L'Allemagne n'est pas encore à bout de forces. Le publiciste américain qui a fait une enquête sur les forces militaires de l'Empire estime qu'il avait, l'été dernier, accumulé des provisions pour une durée de 8 à 10 mois. L'occupation de la Belgique et de nos riches départements du nord prolongera de 2 mois au moins sa résistance. C'est donc seulement en juin ou juillet que l'Allemagne, si les neutres se montrent fermes, sera vraiment très gênée.

IV

Ces constatations sont propres à nous réconforter. Si la situation dans laquelle se trouvent nos populations du Nord est profondément affligeante, nous pouvons du moins nous dire que les forces de l'Allemagne diminuent plus vite que celles des Alliés. Chaque jour qui se passe est un avantage pour nous, une cause d'affaiblissement pour nos ennemis. La lecture de leurs journaux prouve à quel point ils sont irrités et inquiets. La prolongation des hostilités contribue à mettre en lumière leurs idées et leurs ambitions. Elle attire l'attention du monde civilisé tout entier sur leurs odieuses doctrines et leurs procédés abominables. Elle prépare une paix plus solide, elle nous achemine plus sûrement vers cet équilibre nouveau qui rendra la sécurité à l'Europe angoissée.

La victoire que nous attendons tous avec confiance aura des effets d'autant plus durables que nos ennemis seront plus épuisés. Elle sera d'autant plus réconfortante, qu'elle sera le triomphe de la justice et du droit.

Georges Blondel,
Professeur à l'Ecole des Sciences politiques.

REVUE D'AGRONOMIE

I. — La fatigue du sol et sa stérilisation

§ 1. — La fatigue du sol

La productivité du sol dépend à coup sûr de plusieurs faits que l'on est parvenu à déterminer et dont on a précisé successivement l'action. On peut citer : la constitution physique du sol, sa richesse en éléments utiles capables d'être transformés, puis assimilés par les végétaux, l'activité chimique et microbienne de la terre arable, et les conditions atmosphériques qui agissent directement sur l'état des sols ou sur les parties aériennes des végétaux.

La *fatigue* des terres correspond bien à leur improductivité, mais c'est une improductivité *relative* ou momentanée : relative à une plante déterminée, et passagère, en ce sens que la fatigue disparaît au bout de quelque temps, soit après une période de repos, sans culture, soit après l'incorporation au sol de certaines substances qui lui rendent sa productivité, sans qu'on puisse affirmer qu'elles corrigent son épuisement en matériaux utiles.

La fatigue est donc distincte de l'épuisement, distincte aussi de l'insuffisance de l'humidité ou même de l'aération. Les choses se passent comme si la terre subissait l'influence d'un poison dont l'action serait sensible à l'égard de certaines plantes et à peu près nulle à l'égard des autres. On a pu cultiver du froment sur les mêmes terres pendant quinze ou vingt ans sans que le sol parût *fatigué*. D'autres plantes, comme les légumineuses, ne peuvent pas donner des résultats indéfiniment sur les mêmes champs ! Il est alors nécessaire de retourner, par exemple, les vieilles luzernes, au bout de 4, 5, 6 ans et de laisser la terre se « reposer » avant de lui faire porter à nouveau de la luzerne. On a observé que, sur les terres qui n'avaient jamais produit de la luzerne, cette légumineuse était capable de prospérer pendant 8 ou 10 ans, tandis que dans la suite la durée normale des luzernières devait être abaissée à 4 ou 5 ans seulement. La légumineuse paraît laisser dans le sol des résidus toxiques ; cette toxicité est toute relative, puisque le blé, les betteraves, etc., donnent des récoltes abondantes sur la même parcelle en succédant immédiatement à la légumineuse.

On connaît l'expérience de Pouget et Chouchak qui a mis en évidence la fatigue des terres de luzernières. Ces deux auteurs (1907) ont lavé ces terres avec de l'eau distillée, de façon à séparer les toxines qui pouvaient s'y rencontrer. Ils ont ensuite évaporé le produit du lavage, sans dépasser la température de 40°, et, du produit ou extrait obtenu, ils ont fait deux parts. La première, non traitée, renfermait par suite toutes les substances organiques et les toxines contenues dans la terre de luzerne ; la seconde, *calcinée*, ne pouvait renfermer que des cendres, les matières organiques étant détruites. Or, quand on ajoute à une terre qui n'a pas porté de luzerne le produit intact du lavage, et qu'on lui fait porter précisément une récolte de cette légumineuse, la production est médiocre et reste bien inférieure à celle que l'on obtient en incorporant *à la même terre* le résidu *calciné*. Les matières organiques que renferme la terre d'une vieille luzernière constituent donc un poison *pour cette plante !*

En est-il de même dans d'autres cas et pour d'autres végétaux ? Certains auteurs l'affirment sans hésitation. Le Professeur Whitney, directeur du Bureau des Sols à Washington, a fait,

pour éclairer ce problème, des expériences retentissantes.

Il combat l'opinion généralement acceptée et qui rattache la fertilité du sol à la présence ou à l'absence d'une quantité suffisante de matériaux utiles à la vie des plantes. Ainsi, pour prouver que les terres ne sont pas *épuisées* quand elles paraissent *fatiguées*, l'auteur cite les faits suivants :

Un pot contenant une livre de terre porte six plants de blé en plein développement. En laissant ces plants de blé se développer librement pendant trois semaines, puis en les coupant pour les remplacer immédiatement par six autres plants, on verrait que le développement de cette seconde récolte serait moitié moindre que pour la première. La terre contenue dans le pot n'est pourtant pas épuisée, et, pour le prouver, le Professeur Whitney soutient que les matériaux nutritifs ajoutés en vue de corriger le prétendu épuisement du sol ne permettent pas d'obtenir une seconde récolte égale à la première, *si les plantes cultivées successivement sont de même espèce et si les récoltes se succèdent immédiatement.*

La raison de ce fait serait la présence de toxines sécrétées probablement par les racines et nuisibles aux plantes de la même espèce végétant sur le même sol.

Notre collègue M. Dumont a montré, lui aussi, que la fatigue d'une terre ne correspond pas toujours à une insuffisance des éléments fertilisants capables d'alimenter les plantes. Voici, par exemple, les résultats de l'analyse de deux terres, l'une fatiguée et l'autre productive :

Tableau I

ÉLÉMENTS	TERRE fatiguée	TERRE productive
Azote	16,95	14,38
Acide phosphorique	8,70	8,26
Potasse	3,65	3,50
Chaux	46,65	40,32

Il est clair que la terre devenue improductive par suite de *fatigue* est plus riche que la seconde dont la productivité n'a pas décliné!

M. André prévient ses lecteurs contre l'exagération des influences toxiques sur la fatigue des sols[1], et il ajoute : « Cette exagération a porté certains auteurs à défendre cette idée que l'emploi des engrais était destiné, moins à nourrir les plantes, qu'à détruire dans le sol les matières vénéneuses produites par elles. Une pareille opinion nous semble difficile à soutenir, et les preuves expérimentales que l'on a fournies parfois à cet égard sont assez fragiles... Le sujet mérite néanmoins une étude approfondie. »

Et précisément l'auteur cite des faits qui paraissent confirmer l'hypothèse d'une action antitoxique exercée par certaines substances.

Ainsi, l'on sait que l'addition à certains sols de sels de fer, ou mieux de manganèse, produit une augmentation notable de récolte. Que ces sels métalliques jouent le rôle de *coferments* dans la constitution de certaines diastases dont ils renforcent ou provoquent l'action, la chose ne saurait être niée, depuis les travaux de G. Bertrand notamment, mais on peut aussi se demander si ces sels — auxquels on pourrait ajouter les sels de zinc et l'acide borique, capables à l'état de traces de stimuler la végétation — n'interviendraient pas d'une façon plus ou moins directe en qualité d'*antitoxiques*[1].

C'est là un point de vue spécial et en partie nouveau qu'il était bon de signaler.

Dans une étude intéressante qui a pour titre : La stérilisation des sols, M. E. Miège, chef de travaux à l'Ecole nationale d'Agriculture de Rennes, a relevé un grand nombre de travaux qui peuvent confirmer, par leurs conclusions, l'hypothèse de l'intoxication du sol[2].

Brugman, Plenck, de Humboldt, Liebig admettaient, dit-il, des excreta végétaux. Macaire a vu que les haricots languissent dans de l'eau qui renferme la matière préalablement exsudée par les racines d'autres haricots, tandis que le blé prospérait dans cette même eau. De Candolle, et depuis de nombreux savants ont repris l'étude de cette question et sont parvenus aux mêmes constatations. Tout le monde sait que les racines et les micro-organismes du sol dégagent de l'anhydride carbonique, mais certains expérimentateurs estiment qu'on trouve d'autres produits de leur activité. L'excrétion des diastases, indiquée déjà par Molish et par Laurent (1887), a été vérifiée ; Raciborsky a montré la diffusion de peroxydiastases par la graine en germination, de même que Gain et Brocq-Rousseu[3] ont constaté avec des fèves et des marrons d'Inde, et en s'entourant de toutes les précautions désirables, que les poils absorbants exosmosent des peroxydases. Schreiner et Reed ont également montré que les poils absorbants des racines des plantes en croissance possèdent un

1. André : Chimie agricole. Chimie du sol. — 1 vol. chez J. B. Baillière. Paris, 1913, p. 489.

1. André : *loc. cit.*, p. 490.
2. Miège : *loc. cit.*, p. 13.
3. *C. R. Ac. Sc. Paris*, 1910, p. 1610.

pouvoir oxydant extra-cellulaire, qui serait dû à l'activité d'une peroxydase produite par les racines.

Ces recherches ne sont pas étrangères à la question de la fatigue des terres, parce que les excreta dont nous venons de parler pourraient fort bien être nuisibles à *l'égard des végétaux qui les ont produits.*

L'année dernière, Perilwin [1], de Moscou, affirmait l'existence de toxines dans les terres portant des récoltes *successives* d'une même plante, et, suivant lui, l'alternance des récoltes et l'incorporation de fumures nouvelles ne sont pas toujours capables de lutter contre l'influence nocive des poisons du sol. Ces poisons seraient produits par la décomposition des résidus radiculaires plutôt que par une excrétion véritable.

M. André cite [2] un certain nombre de substances toxiques qui ont été isolées du sol. C'est ainsi que Schreiner et Shorey ont trouvé de l'acide picoline-carbonique ($CH^3C^5H^3N.CO^2H$) dans une terre riche, mais improductive. Cet acide serait toxique à l'égard des semences de blé. Les mêmes auteurs ont isolé de l'acide dioxystéarique ($C^{18}H^{36}O^4$). Dans une terre du Tenessee (États-Unis), on en aurait trouvé 0 gr. 05 par kilog de terre. Or cet acide est toxique pour les grains de blé.

M. André cite encore les recherches de Schreiner et Sullivan (1909), qui ont trouvé dans la terre d'un champ, longtemps cultivé en fèves, une substance cristalline vénéneuse à l'égard de cette légumineuse.

Il est clair que l'action de ces poisons amène ou accroît la fatigue des terres qui est, en même temps, produite par d'autres causes. Parmi ces causes figure notamment l'activité bactérienne du sol, ralentie, semble-t-il, par la culture continue d'une même plante.

Enfin la fatigue du sol pourrait encore être attribuée à la multiplication de bactéries nuisibles, parasites de micro-organismes utiles, tels que les bactéries fixatrices ou transformatrices d'azote.

§ 2. — Les expériences de stérilisation des sols

1. *Premières recherches.* — On s'est demandé si la stérilisation des sols ne serait pas capable de lutter contre les toxines et les micro-organismes nuisibles. La pratique de l'écobuage, qui consiste dans l'incinération lente de la couche superficielle du sol, devrait son efficacité reconnue à la destruction, par la chaleur, des susbstances ou organismes qui provoquent l'apparition de la fatigue du sol.

Les antiseptiques eux-mêmes exercent une action dès à présent connue. Aimé Girard a montré que l'incorporation au sol du sulfure de carbone détermine une augmentation de récolte, augmentation s'élevant à un tiers pour la pomme de terre, à la moitié pour le blé, et aux deux tiers pour le trèfle. On cite les essais suivants de Russel et Golding sur l'action de sulfure de carbone injecté dans des terres portant des navets :

	Récoltes
Parcelle témoin	29 k. 6
Parcelle écobuée	35 k. 6
Parcelle avec sulfure de carbone	36 k. 5

On attribue également au pouvoir antiseptique du soufre son action désormais bien établie sur la végétation.

La chaux elle-même serait également un antiseptique et agirait de cette façon et non comme aliment ou comme base capable de saturer les acides du sol en favorisant la nitrification. M. Miège a montré que sur des terres fortes la chaux permet d'obtenir des excédents de récolte plus considérables que les engrais complets. Voici un tableau qui résume les résultats de ces essais pour le sarrasin :

TABLEAU II

	ANNÉES				
	1908		1909		1910
	Grain	Paille	Grain	Paille	Grain
Témoin	1.090	2.840	1.200	3.300	3.010
Engrais complet	1.160	4.310	1.370	4.720	3.800
Sans azote	0.800	2.400	1.160	2.650	3.820
Sans potasse	1.040	2.660	1.240	2.980	2.080
Sans P^2O^5	0.920	2.780	1.300	3.540	3.550
Chaux	*1.520*	*3.980*	*1.430*	*3.700*	*4.100*
Manganèse	1.090	2.810	»	»	»

On a constaté qu'à petites doses soigneusement déterminées la plupart des substances toxiques, telles que le nitrate d'argent, le fluorure de sodium, le chlorure de baryum, le chlorure de sodium jouent probablement le rôle d'antiseptiques et stimulent la végétation. Le bichlorure de mercure, le sulfate de cuivre, le lysol, l'acide sulfurique n'exercent pas seulement une action sur les germes des champignons provoquant les maladies cryptogamiques ; on leur attribue une influence heureuse — à doses convenables — sur la germination des plantes cultivées, et

1. *Isvertia moskov. selskok. Instit. moscova*, 1913.
2. ANDRÉ : *loc. cit.*, p. 491.

notamment ils la régularisent (essais de Bréal et Giustiniani en 1905).

2. *Expériences de M. Miège.* — M. Miège, chef de travaux à l'Ecole d'Agriculture de Rennes, a fait récemment des essais intéressants sur la stérilisation des sols arables par l'emploi des antiseptiques. Les expériences instituées ont porté sur la moutarde et l'orge cultivées, soit dans des caisses, soit en pleine terre. D'après l'auteur que nous citons, les résultats obtenus en 1912 et 1912-1913 ont été les suivants :

a) Essais avec culture en caisses. — Sur la *moutarde*, le toluène a fourni les plus forts rendements en grain et en paille ; le sulfure de carbone vient ensuite, bien que l'aldéhyde formique se soit montré, à faibles doses, plus actif que lui; le goudron et le chloroforme ont eu des effets à peu près semblables et toujours bienfaisants, le premier paraissant surtout agir sur la paille; l'acide phénique a été plutôt avantageux, tandis que l'action du sulfate de cuivre a été mauvaise, même en employant des quantités très faibles. Enfin, l'éther acétique et le sublimé ont agi à peu près de la même façon.

D'autre part, la baryte, le naphtol et la créosote ont été franchement nuisibles.

Sur l'*orge*, l'influence respective des antiseptiques a peu varié. C'est encore le toluène qui a donné les meilleurs résultats, puis viennent ensuite le sulfure de carbone, l'aldéhyde formique, le chloroforme et le goudron. L'acide phénique à très petites doses s'est montré avantageux, mais est devenu vénéneux dès que ces doses atteignaient 2 grammes par caisse[1]. Le sulfate de cuivre se comporte de la même façon.

Quant aux autres substances, elles sont nettement nocives, particulièrement le naphtol, la baryte et la créosote. Dans les limites de l'expérience, l'influence favorable du toluène, du sulfure de carbone et du chloroforme est proportionnelle aux quantités employées, tandis qu'elle s'arrête dès que celles-ci atteignent 10 cc. pour le goudron et l'aldéhyde formique.

b) Essais en pleine terre. — Dans l'ensemble, les résultats sont de même nature en pleins champs qu'en caisses, mais il existe cependant quelques différences. Sur les moutardes, c'est encore le *toluène* qui a donné les meilleurs résultats, mais toutes les autres substances ont été favorables ; et plus ou moins, selon les doses utilisées. Pour le toluène, le sulfure de carbone et l'aldéhyde formique, les excédents sont plus élevés avec les doses moyennes, mais pour l'acide phénique et le sulfate de cuivre, les quantités les plus petites sont les meilleures (5 gr.).

Il est à remarquer que le sulfate de cuivre s'est montré avantageux pour la moutarde en pleine terre, tandis qu'il était nuisible pour la même plante en caisse. L'arséniate de soude et l'iodure de potassium ont été légèrement déprimants, sauf dans la proportion de 10 grammes où ils ont augmenté quelque peu les rendements. Les nitrites se sont également montrés favorables, sauf à la dose maxima de 20 grammes par parcelle.

Pour l'*orge*, les résultats sont semblables, mais cette plante paraît plus sensible que la moutarde à l'action des antiseptiques. C'est encore le toluène qui a fourni les meilleurs rendements, puis le sulfure de carbone, le premier aux doses les plus fortes, le deuxième aux doses moyennes. L'aldéhyde formique, l'acide phénique, le sulfate de cuivre ne se sont montrés avantageux qu'en proportions très faibles. L'iodure de potassium a été utile ainsi que les nitrites.

Les effets du sulfate de cuivre ont été moins satisfaisants que pour la moutarde, et, à des doses plus fortes que 10 grammes, ils ont été défavorables. De plus, ils paraissent agir plus fortement sur les rendements en paille que sur la récolte en grains.

Tous ces faits, assez surprenants au premier abord, sont à coup sûr fort instructifs. Il est établi, tout au moins par cette série d'essais, que, dans les conditions où s'est placé M. Miège, certains antiseptiques employés à faibles doses peuvent fournir des excédents de rendement dépassant parfois 100 %. L'auteur a d'ailleurs raison d'ajouter :

« Il reste encore à déterminer le mode d'action de ces substances et les conditions les plus avantageuses de leur emploi dans des situations variées et pour des plantes différentes.

« Néanmoins, comme on a pu le voir par ces premiers résultats, obtenus après des essais en pleine terre qui se rapprochent le plus possible des exigences de la pratique agricole, il est permis d'entrevoir la possibilité de l'utilisation des antiseptiques dans les jardins ou dans les fermes. »

Il resterait maintenant à expliquer les modes d'action des antiseptiques, et, d'une façon plus générale encore, les raisons qui rendent efficace la stérilisation du sol. Ce problème est encore assez obscur. Nous connaissons seulement la résultante et non point les faits multiples qui la déterminent. On pourrait, d'après M. Miège,

1 Caisse de 0 m. 43 sur 0 m. 43, dépourvue de fond et enfermée dans le sol en plein air.

ramener à trois les actions de la stérilisation sur la productivité du sol :

1° L'action serait exclusivement destructive, c'est-à-dire antiparasitaire.

2° Elle serait chimique :

Soit en solubilisant certains composés du sol et en les rendant plus assimilables ;

Soit en favorisant la fixation ou la minéralisation de l'azote par suractivité microbienne ;

Soit en réduisant le milieu souterrain ou en libérant l'azote qu'il renferme et que des bactéries pourraient fixer ensuite dans une autre forme.

3° Elle serait biologique :

Soit en favorisant, comme les substances catalytiques ou comme les hormones et les anesthésiques, les phénomènes distasiques des végétaux supérieurs et inférieurs, en stimulant leur activité fonctionnelle ;

Soit en neutralisant les toxines excrétées par les plantes ou les bactéries ;

Soit en fournissant, directement ou non, des aliments aux plantes, ou en favorisant leur développement et celui des microorganismes *utiles*.

3. *Expériences de M. Rolet à propos de l'emploi du sulfure de carbone.* — M. Rolet, professeur à l'Ecole d'Agriculture d'Antibes, vient précisément de faire un essai sur l'emploi du sulfure de carbone pour désinfecter des sols *fatigués* qui portent des cultures florales. Ici l'action de l'antiseptique est durable. Elle s'exerce contre les insectes, les cryptogames et contre la *fatigue* due aux toxines qui peuvent réduire la productivité de la terre arable. Il y a lieu de tenir compte à la fois de la nature du sol, compact ou léger, et de la plante cultivée pour varier les doses. Celles-ci passent de 200 kilogrammes à 3.800 kilogrammes par hectare, ou par mètre carré de 20 à 380 grammes. La moyenne peut être de 100 grammes. Dans les sols légers la diffusion du sulfure est plus aisée, et son action plus prompte. La dose employée doit être également plus faible que dans les terres compactes. Les applications sont faites en sol nu, au printemps ou à l'automne, un peu avant les semis ou les plantations.

On ne saurait se dispenser, cela est clair, de veiller à ne pas nuire aux plantes qui végéteront dans la terre injectée avec du sulfure de carbone.

Dans le but de les ménager, on ne sème que 15 ou 20 jours après le traitement. La tolérance des végétaux est pourtant curieuse. M. Rolet cite l'exemple de tomates qui, transplantées *deux* jours seulement après incorporation au sol d'une dose de 200 grammes par mètre carré, n'ont pas souffert et se sont développées d'une façon normale. Bien mieux, il est possible de procéder à un traitement lorsque les végétaux occupent encore le sol, si l'on est obligé d'enrayer le développement d'une race d'insectes ou d'une maladie cryptogamique. On opère alors à une certaine distance des racines, car l'introduction du sulfure de carbone a souvent pour effet de nuire à la vie végétative. Cependant M. Rolet dit à ce propos : « En général, les plantes sont plus résistantes qu'on ne le croit. Ainsi, on a constaté que 200 et même 400 grammes par mètre carré appliqués sur des œillets en végétation n'ont entraîné qu'un léger flétrissement des plantes, malaise qui disparaît d'ailleurs à la suite d'un premier arrosage. Des salades furent à peine flétries quelque peu après avoir reçu 100 grammes de sulfure par mètre carré. Il y a lieu de supposer que les jeunes plants nouvellement mis en place doivent être plus sensibles. Toutefois, 100 grammes appliqués à de jeunes œillets *trois* jours après leur plantation n'eurent pas d'effets nuisibles. Des tomates, des céleris, plantés depuis 4 ou 5 jours, supportent bien 10 grammes par mètre carré[1]. »

Quant à l'incorporation du sulfure au sol, elle est obtenue à l'aide d'un pal injecteur qui donne, par exemple, à chaque coup de pompe 10 cc., ou bien de capsules gélatineuses contenant 2, 3, etc., grammes de sulfure et introduites dans la terre au moyen d'un simple piquet de bois.

Tous ces détails montrent bien que l'emploi d'un antiseptique tel que le sulfure de carbone est entré dès à présent dans la pratique horticole.

Il est vrai que le prix de revient d'un traitement peut s'élever à 500 ou 600 francs par hectare à cause des frais de main-d'œuvre et du prix considérable du sulfure. Toutefois, quand il s'agit de cultures maraîchères ou florales, cette dépense — qui ne se renouvelle pas — n'est pas trop élevée.

II. — L'action fertilisante du soufre sur la vigne

Notre collègue, M. Chauzit, professeur d'Agriculture à Villefranche (Rhône), a fait récemment des essais sur l'action fertilisante du soufre. Ces essais se rapportent à la vigne. Ils présentent un intérêt général et se rattachent, en outre, à la question traitée plus haut de l'emploi des antiseptiques.

1. Rolet : *Journ. d'Agriculture pratique*, n° du 15 janvier 1914.

L'auteur avait disposé son expérience de façon à mettre en lumière : 1° l'action du soufre sur des terres n'ayant pas reçu de fumier depuis plusieurs années (2 à 5 ans), et renfermant, par suite, peu de matière organique ; 2° l'action du soufre mélangé ou non au fumier, et employé à des doses variables.

Les résultats relatifs à la première série d'essais sont consignés dans le tableau suivant :

TABLEAU III

TEMPS ÉCOULÉ depuis la dernière fumure	RENDEMENT en hectolitres par hectare		ACCROISSEMENT dû au soufre	AUGMENTATION de rendement par 100 hectolitres
	sans soufre	avec soufre		
2 ans	54,6	65,5	10,9	20,0
3 ans	54,4	59,0	4,6	8,4
4 ans	51,5	53,2	1,7	3,5
4 ans	42,2	44,8	2,6	6,2
4 ans	39,2	42,0	2,8	7,2
5 ans	41,9	42,7	0,8	1,9

La décroissance rapide des rendements à mesure que la fumure est plus ancienne nous montre clairement l'utilité de la matière organique. En outre, l'action du soufre reste bien visible dans tous les cas.

Voici maintenant le résumé des résultats relatifs au mode d'emploi du soufre et aux doses qui paraissent exercer l'action la plus efficace :

TABLEAU IV

	RENDEMENT en hectolitres par hectare		ACCROISSEMENT dû au soufre en hectolitres	AUGMENTATION de rendement pour 100
	sans soufre	avec soufre		
Soufre mis par-dessus le fumier à raison de 200 kilogs par hect. :				
1er champ d'essai	47,52	53,76	6,24	13,13
2e —	45,60	50,72	5,12	9,20
3e —	46,08	52,96	6,88	14,99
Soufre intimement mélangé au fumier à raison de 200 kilogs à l'hectare	55,95	66,48	10,52	18,72
Soufre intimement mélangé au fumier à raison de 400 kilogs à l'hectare :				
1er champ d'essai	56,56	76,72	20,16	35,64
2e —	59,60	78,68	19,08	32,01

M. Chauzit conclut en ces termes :

1° Le soufre a une action d'autant plus forte que la quantité de matières organiques disponibles dans le sol est plus élevée. Lorsque la quantité de matières organiques décroît, l'effet du soufre diminue, pour être quasi nul lorsque les matières organiques n'existent pas ;

2° L'action du soufre est d'autant plus manifeste que ce dernier est incorporé à la masse organique sur laquelle il doit agir ;

3° Le rendement augmente à mesure que la quantité de soufre employé est plus grande.

Ce sont là des résultats précis et d'un singulier intérêt, pour la plupart de nos viticulteurs. Nous disons : la plupart, car il faut assurément tenir compte de deux faits : 1° de la nature des sols qui exerce certainement une influence sur l'efficacité du soufre ; 2° des résultats économiques, c'est-à-dire de la différence entre les frais et les recettes correspondantes.

III. — LA CULTURE MÉCANIQUE AU POINT DE VUE DE L'AGRONOMIE

On a fait depuis deux ans de très nombreux essais de culture mécanique, soit avec des appareils qui façonnent le sol en traînant simplement les instruments ordinaires (tracteurs), soit avec des appareils qui font corps avec l'outil chargé d'exécuter le labour, le hersage, etc. Des perfectionnements récents apportés aux deux genres de machines agricoles ont permis de les faire travailler dans les grandes exploitations, les seules d'ailleurs où leur place fut marquée. L'expérience a montré quel pouvait être l'avantage de leur emploi au point de vue spécial de la bonne préparation de certaines terres.

Tout dernièrement, un excellent praticien des environs de Paris signalait l'importance de la rapide exécution des façons culturales dans la ferme qu'il dirige à Champagne. La terre arable est argilo-calcaire, et comme la proportion d'argile augmente avec la profondeur, les labours faits depuis longtemps avec de puissantes charrues ont ramené à la surface et incorporé à la couche arable une plus grande quantité d'argile. Les mottes qui se forment passent de l'état de masse plastique à celui de blocs très durs que l'on ne peut alors briser et émietter.

Pour obtenir le succès des façons culturales il faut saisir le moment opportun, lorsque la terre est assez ferme pour être retournée et ameublie, sans être encore trop dure. Cette nécessité de profiter rapidement d'un bon état physique a rendu très utiles les instruments à traction mécanique, qui exécutent rapidement la

besogne et laissent disponibles les attelages pour d'autres travaux. Ainsi, après la moisson, les labours dits de déchaumage sont rapidement achevés à l'aide d'un « tracteur » fonctionnant par traction directe sur une charrue. Avec un seul homme, on peut travailler 10 hectares par jour. A l'automne, de fin septembre à fin octobre, ont lieu des labours profonds qui enterrent les fumiers apportés au même moment par les attelages. Or l'appareil mécanique employé, avec l'aide d'un mécanicien et de deux manœuvres, remplace *trois* charrues, *vingt-quatre* bœufs et *dix* hommes. On voit de suite l'avantage au point de vue de la rapidité du travail et de l'utilisation possible de la main-d'œuvre ou des animaux, pendant que le tracteur fonctionne.

Certains labours sont exécutés fin novembre et dans le courant de décembre. A ce moment la terre est lourde, compacte, et se travaille mal ordinairement.

« Mais alors, dit M. Petit[1], en raison de la possibilité de disposer du tracteur à ma guise et de la rapidité d'exécution des travaux, je préfère suspendre tout travail pour ne recommencer les derniers labours qu'au moment où la terre est suffisamment saine et se laisse bien travailler. De la sorte, plus de terres gâchées, plus jamais de ces bandes de labour qu'il fallait autrefois émietter à force de hersages et de roulages. »

Les avantages de la culture mécanique sont ainsi révélés par un praticien en tenant compte de la bonne exécution des *façons culturales*. Il faut assurément tenir pour certains ces avantages, mais d'un autre côté nous sommes encore mal renseignés sur les inconvénients culturaux de l'emploi des lourdes machines substituées aux animaux. Le poids d'un appareil dépasse souvent 2.000 kg. Il tasse fortement le sol et nous ne savons pas comment les plantes s'accommoderont plus tard de cette modification physique de la terre arable. La circulation de l'air et de l'eau, l'allongement des radicelles, peuvent être complètement modifiés par le passage des instruments nouveaux. Il faudra que des expériences bien conduites nous éclairent sur les dangers ou sur l'innocuité des méthodes nouvelles. Jusque-là il est difficile de se prononcer sur les résultats agronomiques de la culture mécanique.

Voici maintenant un autre problème à résoudre. Dans la communication signalée plus haut, M. Petit ajoutait :

« Quelle répercussion la machine a-t-elle eue sur le cheptel de la ferme?

« Autrefois avec 32 bœufs de trait les travaux étaient bien souvent en retard. Actuellement, avec 24 bœufs, toutes les façons culturales peuvent être données au moment opportun. Tous les travaux pénibles sont faits par la machine; les bœufs n'exécutent plus comme labours profonds que ceux des fourrières ou de quelques petites pièces dont la forme est trop contraire à la bonne utilisation du rendement de la machine... Les animaux conservent constamment un parfait état de santé. Combien, dans ces conditions, leur engraissement devient plus facile! »

C'est là assurément un résultat intéressant, mais en restant sur le terrain de l'agronomie, la réduction du nombre des animaux de trait fait prévoir une réduction équivalente d'engrais de ferme produit. D'autre part, faute d'un personnel suffisant et fidèle, beaucoup de cultivateurs diminuent leur cheptel de vaches laitières ou renonçent à l'élevage du mouton. En somme, la production du fumier de ferme tendrait à décroître, et, par suite, la quantité de matière organique mise à la disposition des végétaux diminuerait aussi. N'est-ce pas là un danger?

C'est ce que faisait remarquer un cultivateur, ingénieur agricole, M. Duval, qui disait à ce propos[1] : « Dans beaucoup de fermes la production du fumier et, par suite, de la matière organique n'a cessé de diminuer depuis quelques années.

« Quand l'emploi des engrais chimiques est devenu courant et que le commerce des pailles et des foins, en balles pressées notamment, a pris de l'extension, on s'est dit : nous allons faire un peu moins de fumier, nous vendrons du foin et de la paille, et avec le produit de la vente nous achèterons des engrais chimiques. Dans ces mêmes exploitations, au lieu de se contenter de diminuer les troupeaux de vaches ou de moutons, on les a supprimés tout à fait.

« Aujourd'hui que le travail mécanique du sol commence à se développer, certains cultivateurs veulent aller plus loin encore : ils suppriment les attelages sans revenir au bétail de rente ; ils fournissent bien un peu de matière organique sous les formes indiquées plus haut (résidus de céréales, légumineuses, etc., etc.), mais en quantités insuffisantes. Je crois que cette pratique ne tardera pas à donner, d'ici quelques années, de bien mauvais résultats. »

M. Duval signale notamment l'utilité de l'humus dans les terres consacrées à la culture de la luzerne, du trèfle, du sainfoin. En somme, la culture mécanique aurait pour inconvénient de

1. *Bulletin de la Soc. Nat. d'Agric.*, n° 5 de mai 1914, p. 527.

1. *Journ. d'Agric. pratique*, n° du 26 mars 1914.

réduire les quantités disponibles de matières organiques au grand détriment de la fertilité du sol.

L'auteur que nous citons a certainement raison dans la plupart des cas; mais, comme la diversité des sols et des climats est extrême, il est possible que l'on puisse suppléer à l'insuffisance des fumiers par d'autres méthodes et notamment par les engrais verts, c'est-à-dire par des récoltes fourragères enfouies à l'état vert.

Précisément l'article de M. Duval a provoqué une contradiction instructive, celle de M. Aguet, qui a réussi à obtenir de fort belles luzernes et de beaux trèfles avec des engrais minéraux répandus sur des terres pauvres nouvellement défrichées. Son troupeau s'est accru dans des proportions considérables, de 4 à 100 têtes, et il ajoute à ce propos[1] :

« La nourriture nécessaire a été créée, je le répète, sans l'emploi d'aucun fumier. Je puis bien par conséquent m'inscrire en faux contre la déclaration de M. Duval, que la luzerne et le trèfle ne viennent que dans les sols riches en humus. Mon exemple démontre d'une manière assez frappante, me semble-t-il, qu'avec les engrais chimiques et quelque intelligence on peut produire, sans fumier, des légumineuses, dans les sols les plus pauvres.

« Il ne faut donc pas combattre, sous prétexte de la nécessité des attelages pour la production du fumier, la culture mécanique du sol. »

Nous enregistrons cette conclusion qui valait d'être mentionnée. Au fond, les deux praticiens qui ont été ainsi entendus sont plus près de s'entendre qu'ils ne le paraissent. Le second utilise les engrais verts et produit par suite de l'humus. Voici un troisième agriculteur, M. Wagner, qui obtient, en effet, de très bons résultats et produit de l'humus avec des engrais verts : « Depuis vingt-cinq ans, dit-il, je n'élève plus de bétail et ne fais par conséquent plus de fumier. Rien que l'engrais vert et les engrais chimiques, et pendant cette période assez longue, j'ai encore à subir un premier échec[2]. »

Tous les faits offrent, au point de vue agronomique, le plus grand intérêt.

Ce qu'il n'est pas permis d'oublier, c'est que la présence de l'humus est utile. On peut rappeler à ce propos les expériences précises de Müntz et Lainé qui ont étudié le phénomène de la nitrification dans des terres inégalement riches en humus. Ces auteurs avaient dosé (1906) l'azote nitrique produit par kilogramme de terre en ajoutant une dose uniforme de 1 p. 1000 de sulfate d'ammonium. Or, les quantités d'azote nitrifié au bout de 2 et 7 jours ont toujours été supérieures avec les terres riches en matières organiques carbonées; c'est ce que prouve le tableau suivant :

Tableau V

	Terre de jardin	Terreau	Terre silico-calcaire	Terre argileuse
Teneur °/₀ des terres en carbone	3,8	17,6	1,5	1,0
Azote nitrifié par kilog de terre en 2 jours	0gr 036	0gr 117	0gr 000	0gr 009
Azote nitrifié par kilog de terre en 7 jours	0gr 090	0gr 209	0gr 037	0gr 040

Il est clair que dans la terre de jardin et le terreau, tous deux très riches en humus, la nitrification est beaucoup plus active. C'est là toutefois un résultat relatif aux *premières journées*. Lorsque l'on poursuit l'expérience, on s'aperçoit que la nitrification se produit même dans les terres moins riches en humus, si l'on ajoute, bien entendu, la même dose continue de sulfate d'ammonium. Les chiffres suivants, inscrits dans l'ordre du tableau, le démontrent clairement :

Tableau VI

	Terre de jardin	Terreau	Terre silico-calcaire	Terre argileuse
Azote nitrifié au bout de 32 jours	0gr 743	1gr 346	0gr 643	0gr 900

Néanmoins le terreau conserve sa supériorité. En tous cas, dans la période de début, l'humus est certainement utile pour hâter et déterminer la nitrification.

Les agriculteurs ont tout intérêt à ne pas oublier ce fait d'expérience et à ne pas négliger les fumures capables de produire de l'humus, soit en se servant du fumier, soit en utilisant les engrais verts de décomposition plus lente.

IV. — La méthode des engrais verts

On a beaucoup parlé de cette question il y a quelques années, et nous croyons intéressant de rappeler les résultats obtenus, *dans certaines terres*, à la suite des expériences réalisées.

1. *Journ. d'Agric. pratique*, n° du 11 juin 1914.
2. *Journ. d'Agric. pratique*, n° du 23 juillet 1914.

Un de ces essais bien connu est dû à un agriculteur de la Saxe, Schultz, qui a modifié rapidement la productivité de son domaine de Lupitz par l'emploi bien compris des engrais verts. Ceux-ci étaient représentés exclusivement par des plantes de la famille des légumineuses, semées, soit dans la récolte principale à titre de culture intercalaire, soit immédiatement après cette récolte, et enfouis à l'automne par un labour. L'activité végétale de la plante — engrais vert — est accrue par l'incorporation au sol d'engrais minéraux renfermant de l'acide phosphorique et de la potasse, sans adjonction d'engrais azotés ou de fumier.

La quantité de matière organique et d'azote apportée par la récolte dérobée enfouie suffit à maintenir, dans les meilleures conditions, la fertilité d'une terre *siliceuse, légère et naturellement pauvre.*

L'exemple fourni par la culture des pommes de terre est tout à fait instructif. Sur les champs fumés avec les engrais verts, la récolte de tubercules s'élève à 23.000 kilogs par hectare. Sur des parcelles de même composition chimique et de même nature physique du sol, avec une fumure de *fumier de ferme*, le rendement s'abaisse à 14.000 kilogs. La supériorité de la première fumure se trouve ainsi démontrée.

Il paraît aussi que certaines légumineuses telles que le lupin, employées comme engrais vert, exercent une influence favorable sur la récolte suivante en assurant, en quelque sorte, le passage aux racines qui peuvent s'étendre et pénétrer plus profondément, de façon à trouver l'eau nécessaire à leur développement.

Les racines du lupin s'enfoncent, en effet, jusqu'à un mètre. Or, pendant une année de sécheresse notamment, voici ce que l'on a observé à Lupitz. La récolte de pommes de terre a été toute différente suivant la nature de la fumure qui l'avait précédée. Dans la parcelle qui avait reçu du fumier de ferme, les plantes étaient peu vigoureuses, tandis qu'elles présentaient le plus bel aspect sur les champs fumés avec le lupin enfoui pour un engrais vert.

M. Schultz a pensé que l'extension du système radiculaire des pommes de terre devait expliquer le développement inégal des tubercules dans les deux champs différemment fumés. Pour vérifier l'exactitude de cette hypothèse, on dégagea soigneusement, sur place, les racines des plantes et l'on constata partout que les racines avaient pris un développement considérable de haut en bas, verticalement, dans les champs fumés au lupin. Les racines de cette légumineuse avaient laissé ouverts des canalicules que la pomme de terre utilisait pour pénétrer plus profondément et puiser de l'eau dans le sous-sol.

Voici un autre exemple de l'influence exercée par le lupin enfoui comme un engrais vert. Il s'agissait d'une récolte de seigle dans laquelle on avait semé du lupin retourné après la moisson de la céréale. Au printemps suivant, on a cultivé des pommes de terre et les rendements ont été relevés, tant sur des parcelles témoins qui n'avaient pas reçu du lupin, que sur des champs fumés avec cette légumineuse enfouie à l'automne. Les résultats constatés furent les suivants :

Tableau VII

	POIDS DES RÉCOLTES	
	Seigle	Pommes de terre succédant au seigle l'année suivante
	kg.	kg.
Seigle seul.....	930	19.512
Seigle seul.....	945	18.261
Seigle seul.....	968	19.961
Seigle et lupin enfoui	924	22.263

Il est clair que l'incorporation de l'engrais vert a augmenté le poids des tubercules récoltés et cependant la récolte de seigle n'avait pas été sensiblement réduite par le semis intercalaire du lupin. L'avantage de l'engrais vert restait visible.

Une autre expérience faite aux Etats-Unis a permis de comparer l'action d'un engrais vert à celle du nitrate de soude.

Le résumé de l'expérience est le suivant :

Sur deux parcelles voisines on sema du maïs à la fin de juin. L'une reçut 112 kilogrammes de nitrate de soude à l'hectare, l'autre ne reçut rien, mais on y avait préalablement enfoui une récolte de *trèfle* incarnat évaluée à 21.000 kilogrammes par hectare. En comparant les récoltes ainsi obtenues à celles d'une terre sans aucun engrais, on a trouvé que l'engrais vert dont la semence avait coûté 12 fr. 50 donnait un excédent de récolte de 8 hl. 7, soit environ 70 litres pour un franc de dépenses.

D'autre part, un franc de nitrate de soude produisait un excédent de récolte de 18 litres, c'est-à-dire quatre fois moins.

Des résultats analogues ont été obtenus avec du seigle, et comme engrais vert on avait employé des pois.

Il ne faut pas d'ailleurs oublier que l'emploi

des engrais verts est connu depuis fort longtemps et a fait ses preuves sur *certaines terres*. L'usage du lupin, dont nous parlions tout à l'heure, était connu des Romains, qui le semaient en septembre pour l'enterrer au mois de mai suivant. Ils le ramassaient même et l'enterraient au pied des vignes.

Cette pratique a été étudiée, il y a quelque temps, pour savoir si l'on pourrait remplacer le fumier en se servant simplement des engrais verts et de certains engrais minéraux non azotés. On a semé du trèfle incarnat entre des rangs de vigne, et sur quelques parcelles on a répandu des scories de déphosphoration dont l'effet sur la légumineuse a été très favorable. En recueillant le trèfle avec ses racines quand il fut bien développé, on a pu calculer le poids de la récolte par hectare.

Voici l'analyse effectuée :

TABLEAU VIII

	Pour 1.000 de mat. fraîche	Pour 100 de mat. sèche	Pour 100 de cendres
Eau	870,70	»	»
Matière fraîche	129,30	»	»
Azote	2,47	1,89	»
Cendres	17,90	13,84	»
Potasse	4,43		24,76
Acide P^2O^5	0,43		2,79

Ainsi le trèfle incarnat contenait — à l'état frais — 2,47 pour 1000 d'azote, ce qui correspondait à **118** kg. *par hectare*. Cette quantité d'azote est égale à celle que renferment 20.000 ou 25.000 kilogrammes de fumier, et en outre l'engrais vert est capable d'améliorer la composition physique du sol.

On pourrait, il est vrai, opposer à une conclusion théorique les résultats financiers de l'entreprise.

L'objection est, paraît-il, sans valeur, car la substitution du trèfle au fumier est économique.

Les frais par hectare seraient :

	fr.	c.
30 kgr graines de trèfle	23	25
800 kgr scories à 20 % de P^2O^5	72	00
200 kgr de sulfate de potasse	62	50
Total	157	75

En comptant le fumier à 12 francs la tonne, les 20.000 ou 25.000 kgr remplacés par le trèfle auraient coûté de 240 à 300 francs, et les frais nécessités, soit par le transport, soit par l'incorporation au sol, seraient plus grands. La méthode de l'enfouissement d'un engrais vert pour fumer les vignes est donc admissible. Au trèfle on peut d'ailleurs substituer d'autres plantes dites améliorantes, telles que la vesce. Des expériences faites, dans les mêmes circonstances que pour le trèfle, paraissent l'avoir prouvé.

Ces conclusions ne sauraient d'ailleurs être étendues à toutes les vignes, dans tous les sols et dans tous les climats. Il est clair tout d'abord que l'on ne peut généraliser cette pratique qu'à la condition de pouvoir obtenir une récolte suffisamment abondante de l'*engrais vert*, qui doit être une légumineuse capable d'enrichir le sol en azote. Or tous les sols ou tous les climats ne se prêtent pas à cette culture, surtout s'il s'agit d'une récolte *dérobée*, c'est-à-dire réalisée entre la fin de l'été et le commencement de l'hiver. Enfin, il peut être plus avantageux financièrement de faire consommer le fourrage par des animaux quand cette transformation leur donne une grande valeur. Le fumier produit est un résidu industriel qui augmente le bénéfice de la spéculation.

Toutes ces considérations ne sont point nouvelles. Déjà M. de Gasparin les avait discutées dans son cours d'Agriculture[1], qui renferme tant d'observations de la plus haute portée dont on a oublié les mérites divers. Il disait à ce propos :

« Cependant il est des circonstances où les engrais verts peuvent devenir une ressource d'une grande importance, et même où ils sont l'unique pivot sur lequel on peut faire rouler tout le système d'une amélioration du terrain.

« Ainsi quand on se trouve en présence de terres négligées, maigres, sans pâturages pour y nourrir les animaux, sans possibilité d'acheter des fumiers ou de se procurer des masses de végétaux venus sans culture, on est naturellement amené à chercher dans les engrais verts cette première force qui donne l'impulsion à la machine agricole...

« Ne nous le dissimulons pas, cependant, l'engrais ainsi obtenu coûte cher, et, sur des terres pauvres, il faut quelquefois plusieurs années d'attente et de travaux pour atteindre le but que l'on se propose.

« Bannissons donc toute illusion, ne croyons pas que l'engrais vert soit un présent gratuit de la Nature ; elle aussi *vend* souvent *ce qu'on croit qu'elle donne.* »

D. Zolla,
Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Grignon.

1. DE GASPARIN : Cours d'agriculture, t. I, p. 568.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Barriol (A.), *Directeur de l'Institut des Finances et des Assurances.* — **Théorie et pratique des opérations financières.** *2e édition. — 1 vol. in-16 de 115 p. avec fig. de l'Encyclopédie scientifique. (Prix cart. : 5 fr.). O. Doin et fils, Paris,* 1914.

Nous avons signalé en son temps[1] l'apparition de la première édition de cet ouvrage et les qualités par lesquelles il se recommandait au public désireux de pénétrer le sens des opérations financières. L'accueil qui lui a été fait a nécessité la publication d'une nouvelle édition, qui diffère de la première par de nombreux compléments et par la mise au point de la partie relative aux impôts français qui ont été modifiés depuis lors. Le livre de M. Barriol, ainsi soigneusement revu, reste un des meilleurs qu'on puisse consulter sur ce genre de questions.

2° Sciences physiques

Trudelle (V.), *électricien.* — **La lumière électrique et ses différentes applications au théâtre. Installation et entretien.** — *1 vol. in-8° de VI-295 pages avec 80 figures (Prix : 10 fr.) H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris, 1914.*

« Tout théâtre est fatalement voué à l'incendie », a dit Charles Garnier, à l'époque où l'on ne songeait encore que très vaguement à éclairer les salles de spectacles par l'électricité. Il y avait alors à l'Opéra 9.200 becs de gaz, 25 kilomètres de canalisations, et le *jeu d'orgue* rappelait bien, en effet, un orgue avec tous ses tuyaux. Le gaz, autant que les chandelles et les lampes à huile qui l'avaient précédé, est une cause permanente de danger, dans un édifice où les matières inflammables semblent accumulées à plaisir. Dans la salle, ce ne sont que tentures et boiseries lentement desséchées par la chaleur; sur la scène et dans les coulisses, les toiles enduites de peinture résinifiée, les châssis, les charpentes, les *fils* (car il n'y faut point parler de cordes) sont autant d'aliments offerts au feu.

C'est en 1887, quelques jours après l'incendie de l'Opéra-Comique, que la lumière électrique fut rendue obligatoire dans tous les théâtres de Paris. Il serait exagéré de prétendre que cette transformation du luminaire ait supprimé tout risque : un court-circuit, une étincelle de rupture peuvent encore provoquer des désastres; mais il faut reconnaître que le danger n'est pas comparable à celui que l'on courait chaque jour, au milieu de tant de lampes à combustion. Du reste, la sécurité n'est pas le seul avantage que présente la lumière électrique, dans les enceintes où se presse un public nombreux : un bec de gaz ordinaire absorbe autant d'oxygène que la respiration de deux personnes et dégage beaucoup de chaleur, tandis que l'électricité ne vicie point l'atmosphère et ne produit qu'un échauffement insensible. En outre, elle permet de réaliser aisément des effets très difficiles, sinon impossibles à obtenir avec les autres sources de lumière.

L'importance croissante de l'éclairage au théâtre justifie bien la publication d'un ouvrage tel que celui de M. Trudelle. Sources d'électricité, pose et isolement des conducteurs, appareillage dans la salle et sur la scène, herses, portants, rampe, rhéostats, lampes à arc et à incandescence, blanches et colorées, projections, etc., tout est analysé avec beaucoup de détails pratiques et sérieusement documenté. Les dispositions adoptées dans l'installation et les manœuvres à effectuer au cours du spectacle sont exposées très clairement, et il est visible que l'auteur a une grande expérience du sujet qu'il a traité.

Peut-être eût-il mieux fait de ne point aborder les questions théoriques; en tout cas, il serait bon de revoir attentivement la page 131, où se trouve cette définition : « La lumière est une matière impondérable qui existe partout, plus ou moins uniformément, que l'on peut diriger à volonté, avec plus ou moins d'éclat, suivant que l'on a affaire à la lumière du jour ou à une source artificielle d'intensité variable ».

Et, quelques lignes plus bas, dans cette phrase : « Ces corps lumineux sont nommés opaques s'ils ne sont pas perméables à la lumière... », il s'agit évidemment des corps *non* lumineux par eux-mêmes. Le lecteur rectifiera d'ailleurs sans peine, en attendant que quelques lignes soient ajoutées, lors du prochain tirage, au feuillet d'errata intercalé après l'introduction.

Quoi qu'il en soit, le livre de M. Trudelle sera très utile aux entrepreneurs chargés de construire une salle de spectacle, aux électriciens qui devront y installer l'éclairage et aux metteurs en scène qui tiendront à tirer le meilleur parti du matériel dont ils disposent. Et les personnes étrangères au théâtre y trouveront des détails fort intéressants sur divers effets de lumière qu'elles auront eu l'occasion de remarquer, sans pouvoir se rendre exactement compte des moyens mis en œuvre pour les produire.

Ernest Coustet.

3° Sciences naturelles

Atlas graphique et statistique de la Suisse, *publié par le* Bureau de Statistique du Département fédéral de l'Intérieur. — *1 vol. in-4° oblong comprenant 51 cartes et tableaux avec 6 p. de texte. Département fédéral de l'Intérieur, Berne,* 1914.

A l'occasion de l'Exposition nationale suisse qui s'est tenue à Berne de mai à octobre dernier — manifestation des plus intéressantes qui eût sans doute retenu davantage l'attention si la grande guerre européenne n'était venue détourner sur elle toutes les pensées et les préoccupations — le Bureau fédéral de Statistique a publié un Atlas graphique et statistique de la Suisse qui réunit une foule de données précieuses sur l'économie nationale de ce pays.

Cet Atlas comprend plus d'une cinquantaine de cartes et de graphiques, classés sous les rubriques suivantes : superficie, population, mouvement de la population, militaire, instruction, agriculture, industrie et commerce, voies de communication et transports, finances, statistique politique. Il nous est impossible d'entrer ici dans l'examen détaillé de ces documents; nous donnerons seulement de brèves indications sur quelques-uns de ceux qui nous ont paru plus spécialement intéressants.

Le tableau 4 donne la répartition de la population d'après l'altitude des communes pour chaque canton et pour la Suisse entière. Sur 1.000 habitants de la Suisse, 60 environ vivent à l'altitude de 200-300 m., une centaine à 300-400 m., près de 400 à 400-500 m., 170 à 500-600 m., 92 à 600-700 m., puis la proportion va en décroissant graduellement jusqu'à 1.800 m., dernière altitude habitée toute l'année.

1. *Revue gén. des Sciences* du 15 juillet 1908, t. XIX, p. 546.

Le tableau 6 (étrangers par 1.000 habitants d'après leur nationalité de 1850 à 1900) montre un accroissement rapide et continu des Allemands, un accroissement très rapide, mais discontinu, des Italiens, un accroissement rapide des Français de 1850 à 1870, suivi d'une diminution lente depuis lors, un accroissement faible des Austro-Hongrois et des autres nationalités.

Une partie du tableau 9 est consacrée à l'excédent des naissances sur les décès de 1871 à 1911 par 1.000 habitants; de 1871 à 1872, il s'élève rapidement de 1 à plus 7 °/₀₀, et depuis lors il a varié de 5,5 à 11,5 °/₀₀ pour arriver en 1911 à 8 ½ °/₀₀. Cet excédent n'est pas dû à une augmentation du nombre des naissances qui a, au contraire, diminué depuis la période 1871-1880 (30,9 °/₀₀ par an) jusqu'en 1901-1910 (26,9 °/₀₀) (voir les cartes des tableaux 12 et 13, donnant la fréquence des naissances par districts proportionnellement à la population résidente, au cours de ces deux périodes), mais à une diminution du nombre des décès, de 23,5 °/₀ à 16,7 °/₀ pendant les deux mêmes périodes (voir cartes analogues des tableaux 14 et 15).

Une carte intéressante (tableau 18) est celle des décès par tuberculose, par districts, calculés proportionnellement à la population d'après les résultats moyens des années 1901-1910. Le nombre annuel des décès par 1.000 varie de 0,5 dans le district d'Hérens (Valais) à 4 dans celui de Genève-ville; la moyenne pour la Suisse entière est de 2,5. Les hautes régions alpestres fournissent le moins de décès, avec plusieurs exceptions tenant sans doute à la présence de sanatoriums ou de grandes agglomérations urbaines. Une carte analogue (tableau 19) sur les décès par cancer montre un maximum accusé dans la Suisse centrale et orientale.

Les tableaux 22 à 25 sont relatifs aux résultats moyens de la visite sanitaire et des examens pédagogiques des recrues depuis 32 ans. L'aptitude au service, qui se chiffrait par 640 hommes pris sur 1.000 recrues de 1888 à 1890, s'est élevée à plus de 700 dans la période 1908-1910; la taille moyenne, qui était de 1 m. 635 de 1888 à 1890, s'est élevée à 1 m. 657 en 1908-1910. Pour les examens pédagogiques, on sait que les recrues obtiennent, dans chacune des 4 branches d'examen (lecture, composition, calcul, connaissances civiques), l'une des notes 1, 2, 3, 4 ou 5, la note 1 étant la meilleure. Le meilleur résultat total d'une recrue est ainsi égal à 4, le plus mauvais à 20. Or, en 1880, la moyenne des notes obtenues par canton s'échelonnait de 7,3 pour Bâle-Ville et 7,7 pour Genève à 12,9 pour Uri et 13,7 pour Appenzell (R. I.), tandis qu'en 1912, elle allait de 6,4 pour Genève à 8,0 pour Uri; il y a une amélioration considérable, due à la grande diffusion de l'instruction publique. La répartition des notes par professions non libérales montre, en tête de la liste, les employés de banques et d'assurances (4,55), les employés des postes et télégraphes (5,25), les employés de commerce (5,4), les typographes (5,85), les employés de chemins de fer (6,25), les électriciens (6,55), et en queue les manœuvres de l'industrie du bâtiment (10,4).

La carte du tableau 36 fournit, d'après les résultats du recensement du bétail du 21 avril 1911, la répartition par district du nombre des têtes bovines par km² de territoire de plaine ou d'alpe utilisé. Ce nombre, qui est en moyenne de 62 pour la Suisse entière, est beaucoup plus faible pour les hautes régions alpestres, où il varie de 10 à 50; il se relève dans le Jura pour parvenir à son maximum sur le plateau suisse, où il atteint 145 dans le district de Konolfingen (Berne) et 165 dans le Mittelland appenzellois.

Les tableaux 38 et 39 donnent d'intéressantes indications sur la répartition de 1.000 personnes, hommes et femmes, travaillant à domicile, ou de 10.000 personnes travaillant au dehors entre les différents groupes d'entreprises industrielles, commerciales et de transport. Occupent les premiers rangs, par le nombre de personnes employées dans les industries à domicile : la broderie, le tissage d'étoffes de soie, l'horlogerie, le tissage de rubans de soie; dans la grande industrie : les voies ferrées, routes, ponts et bâtiments, la broderie, l'horlogerie, la confection des vêtements; dans les entreprises commerciales, les hôtels et pensions, les restaurants, l'épicerie.

Les tableaux 41 à 45, qui sont relatifs au commerce avec l'étranger, montrent dans quelle dépendance étroite la Suisse se trouve vis-à-vis des grandes nations pour la fourniture de ses matières premières (charbon, fer, soie, laine, coton, cuir) et de son alimentation (céréales, sucre, bétail de boucherie, vins), et pour l'exportation de ses produits (soieries, broderies, horlogerie, machines, lait condensé, fromage, chocolat), et permettront de comprendre dans quelle situation économique très difficile elle se trouve du fait de la guerre actuelle.

Nous arrêtons là ces exemples qui donnent une idée de la grande variété de documentation de l'*Atlas graphique et statistique de la Suisse*. Ajoutons que l'exécution des cartes et graphiques, confiée à l'Institut géographique Kummerly et Frey et à l'Institut artistique Lips et Cie, de Berne, est remarquable à tous points de vue. Aussi cette publication, qui porte le n° 191, fait-elle honneur au Bureau fédéral de Statistique.

Louis Brunet.

4° Sciences médicales

Bonnier (Dr P.). — **Défense organique et centres nerveux.** — *1 vol. in-16 de 285 p. de la Bibliothèque de Philosophie scientifique. (Prix : 3 fr. 50). E. Flammarion, éditeur, Paris,* 1914.

On connaît la théorie du Dr P. Bonnier sur le rôle des centres nerveux bulbaires dans la défense de l'organisme. M. Martinet l'exposait récemment ici-même en analysant un autre ouvrage du même auteur : *L'action directe sur les centres nerveux. Centrothérapie*[1].

Dans le présent volume, l'auteur a cherché à mettre à la portée du grand public les idées sur lesquelles il se base et les résultats que lui a donnés sa méthode de sollicitation physiologique des centres nerveux. On lira avec le plus grand intérêt l'exposé clair, simple et imagé du Dr P. Bonnier.

Bezault (B.), *Ingénieur sanitaire expert.* — **Législation de l'Hygiène publique en France** *(en ce qui concerne plus spécialement l'assainissement). — 1 vol. in-8° de 124 p. (Prix : 4 fr.). Société générale d'épuration et d'assainissement, 28, rue de Châteaudun, Paris,* 1914.

Par législation sur l'hygiène publique, il faut entendre tous les lois, décrets et ordonnances relatifs aux mesures de prophylaxie générale prises dans l'intérêt de la Société. Ces lois, nécessairement vagues, parfois obscures, souvent contradictoires, sont d'une application délicate.

C'est pourquoi l'auteur a pensé faire œuvre utile, d'abord en faisant connaître l'ensemble des lois, décrets et ordonnances concernant l'hygiène publique en France, puis en les accompagnant de quelques notes suggérées par une expérience de quinze années dans la pratique de ces questions.

Pour plus de clarté, il a procédé par ordre chronologique, en s'étendant plus spécialement sur la législation se rattachant à l'assainissement des villes et à l'hygiène de l'habitation. Un chapitre relate les formalités nécessaires à l'aboutissement des projets d'assainissement, ainsi que certains renseignements sur les subventions allouées aux villes en vue de faciliter l'exécution de ces projets.

Cet ouvrage sera particulièrement apprécié par les municipalités.

1. *Revue gén. des Sciences* du 30 juillet 1914, t. XXV, p. 691.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIES DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 18 Janvier 1915

1° Sciences physiques. — M. **A. Angot** : *Valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux au 1er janvier 1915.* Voici ces valeurs :

	Valeurs absolues	Variation séculaire
Déclinaison	13°45',32	— 9',11
Inclinaison	64°37',40	— 1',00
Composante horizontale	0,197 14	— 0,000 28
» verticale	0,415 61	— 0,000 92
» nord	0,191 49	— 0,000 14
» ouest	0,046 88	— 0,000 57
Force totale	0,460 00	— 0,000 95

La diminution de la déclinaison en 1914 est à peu près la même qu'en 1912 et un peu inférieure à celle qui a été observée en 1913 ; en trois ans, la déclinaison a diminué de 28', ce qui est sans précédent. La composante horizontale paraît nettement entrée dans la période décroissante et a sensiblement la même valeur qu'il y a 11 ans. — M. **J. Bougault** et Mlle **R. Hemmerlé** : *Tautomérie de l'acide phénylpyruvique.* Les auteurs donnent de nouvelles preuves de la tautomérie de l'acide phénylpyruvique, tirées de la différence de solubilité des deux formes tautomères (la forme cétonique étant soluble dans l'eau, la forme énolique presque pas), de leur manière d'être vis-à-vis de l'acide acétique, du permanganate de potassium et de la semicarbazide. Les alcalis, comme les acides et plus rapidement qu'eux, convertissent la forme cétonique en forme énolique. L'ébullition avec l'anhydride acétique donne un éther de la forme énolique.

2° Sciences naturelles. — M. **J. Danysz** : *Traitement des plaies de guerre par les solutions de nitrate d'argent à 1 pour 200.000 à 500.000.* L'auteur déduit de ses expériences et de ses observations : 1° que les substances irritantes en solutions assez concentrées pour tuer les cellules des tissus lésés, non seulement n'arrêtent pas les infections, mais ont pour effet certain de les prolonger et de retarder la guérison des plaies ; 2° que dans le choix des antiseptiques on doit donner la préférence à ceux qui, à une dose déterminée, sont encore antiseptiques, mais ne tuent plus les cellules et ont surtout pour rôle d'augmenter la défense de l'organisme en excitant la multiplication des cellules et la reconstitution des tissus ; 3° que, pour le moment, la combinaison de ces deux actions, reconstituante et antiseptique, se trouve le mieux réalisée par l'emploi de l'azotate d'argent en solution à 1 pour 200 000 à 500.000. On commencera le traitement par la solution la plus concentrée, pour augmenter peu à peu la dilution. — M. **Ch.-J. Gravier** : *Sur un phénomène de multiplication par scissiparité longitudinale chez un Madréporaire.* L'auteur a observé sur le *Schizocyathus fissilis* Pourtalès une multiplication du calice par scissiparité longitudinale avec régénération. Cet exemple de division longitudinale d'un être qui se partage spontanément en six fragments, dont chacun répare normalement la mutilation résultant de la division, est sans exemple, non seulement chez les Madréporaires, mais dans tout le monde vivant.

Séance du 25 Janvier 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Bigourdan** : *Description d'un nouvel instrument pour la comparaison différentielle des grandes distances angulaires célestes.* L'auteur détermine différentiellement la distance angulaire de deux astres situés dans des régions éloignées du ciel par l'emploi de deux lunettes dont les axes optiques font un angle variable, mais qui sont susceptibles d'être quelque temps liées invariablement l'une à l'autre. Cet appareil permet également la détermination directe et presque instantanée de la réfraction et de sa constante, la mesure de la constante de l'aberration annuelle, le perfectionnement des catalogues fondamentaux par la comparaison de grandes différences d'ascension droite, indépendamment de la marche des horloges. — M. **J. Bosler** : *Sur la région rouge du spectre des étoiles de Wolf-Rayet.* L'auteur a observé dans la région rouge du spectre de ces étoiles un certain nombre de lignes au-delà de $H\alpha$; l'une de ces raies (λ 6677) appartient à l'hélium. C'est une nouvelle similitude avec le spectre des Novae, et il semble bien démontré que les étoiles de Wolf-Rayet ne sont que les vestiges affaiblis d'anciennes Novae apparues au cours des siècles passés.

2° Sciences physiques. — M. **A. Blondel** : *Sur l'effet utile des projecteurs. Remarques complémentaires.* L'auteur donne une autre forme de l'équation des portées :

$$I = \frac{E_0 \lambda^2}{a' a} \frac{1}{kd^2 p^2},$$

où les lettres ont la même signification que précédemment (voir p. 97), et $a' = a/(10^{1,5L})$. Il étudie d'autre part l'influence de la nature de la lumière et de la coloration des objets. Les lumières monochromatiques donnent, par suite des défauts de correction de l'œil, une acuité visuelle supérieure aux lumières mélangées. Les draps gris bleu, donnant un minimum de visibilité pendant le jour, sont bien moins favorables pour la nuit que des draps brun ou bleu foncé. — MM. **Rivier** et **Dupoux** : *Nouveau procédé pour l'obtention rapide, sur plaques métalliques, des épreuves radiographiques.* Les auteurs préconisent, pour la radiographie, l'emploi de plaques métalliques en tôle pour positifs directs. Ils emploient des rayonnements extrêmement durs de faible intensité, avec des poses de 6 à 60 secondes. Les plaques sont développées avec des révélateurs au métol-hydroquinone fortement bromurés ; le négatif vient en général en 2 minutes, et le fixage de ce négatif dans la solution d'hyposulfite le transforme immédiatement en positif, opération qui demande 10 à 20 secondes. Le procédé est simple, sans danger pour le malade et très rapide.

3° Sciences naturelles. — M. **E. Delorme** : *Nouveaux traitements des blessures des nerfs par projectiles* (voir p. 98). — MM. **P. Carnot** et **B. Weill-Hallé** : *Cultures en « tubes de sable » pour le diagnostic rapide de la fièvre typhoïde et le dépistage des porteurs de germes.* Les auteurs ont appliqué à l'examen bactériologique des selles typhiques la méthode générale de Carnot et Garnier pour l'isolement automatique des microorganismes les plus mobiles, ceux-ci traversant les premiers une couche de sable interposée entre les deux branches d'un tube en U. Si l'on ensemence d'un côté de la couche de sable les selles suspectes, les bacilles typhiques, beaucoup plus mobiles que la plupart des germes intestinaux, traversent les premiers le sable interposé et peuvent être récoltés isolément dans le second tube. Il suffit alors de les identifier par agglutination au moyen d'un sérum spécifique pour avoir, en quelques heures seulement, le résultat cherché. — M. **A. Trillat** : *Etude sur les poussières aqueuses microbiennes des locaux habités.* L'auteur a reconnu que : 1° Dans une atmosphère tranquille à 18°, les gouttelettes microbiennes tombent avec une vitesse de chute

proportionnelle à leurs dimensions; ainsi les gouttelettes de 1μ (*B. prodigiosus*) parcouraient environ 1 cm. en 3 minutes; 2° La vitesse de chute est accélérée par un refroidissement brusque et les gouttelettes microbiennes se déposent sur les objets refroidis; 3° Une détente barométrique, surtout si elle est accompagnée d'un abaissement notable de température, accélère la précipitation des gouttelettes microbiennes. L'auteur décrit également l'effet de la ventilation sur le mouvement des gouttelettes. — MM. **Ed. Gain** et **A. Jungelson**: *Sur les grains de maïs issus de la végétation d'embryons libres.* Les auteurs ont pu obtenir des maïs adultes et fertiles en partant d'embryons libres extraits du grain, débarrassés avec soin des réserves de l'albumen et semés dans le sol naturel. Les grains produits présentent une élévation du taux de la substance sèche et une diminution du rapport du poids sec de l'albumen au poids sec de l'embryon. Si cette sélection s'exagérait, elle pourrait conduire, au bout d'un certain nombre de générations, à la presque suppression de l'albumen normal. — MM. **H. Jumelle** et **H. Perrier de la Bathie** : *Une cucurbitacée peu connue de Madagascar.* Le *voanovo* ou *Ampelosicyos scandens* est une plante grimpante, monoïque et à fleurs blanches. Elle donne des fruits obpiriformes, de 10 à 11 cm. sur 7 cm. Dans la pulpe sont logées d'assez nombreuses graines, qui ont la forme de très gros haricots. Les indigènes consomment la pulpe des fruits qui, quoique parfumée, est médiocre, et aussi les graines, qui ont le goût de noisettes. L'amande contient une huile douce; au cas où celle-ci serait utilisable, la culture de la plante deviendrait intéressante pour le centre de l'île, où elle serait facile.

Séance du 1er Février 1915

1° Sciences physiques. — MM. **Brandt** et **Darmezin du Rousset**: *Sur une nouvelle forme d'extrémités polaires pour électros à applications chirurgicales.* Pour satisfaire aux besoins de la pratique chirurgicale et pour étendre le champ des applications, les auteurs ont songé à rendre mobiles, tout en conservant une très puissante action, les extrémités polaires de l'électro-aimant, leur donnant des formes pratiques pour les recherches opératoires : sondes droites, coudées, lamellaires, pouvant se fixer sur une articulation magnétique spéciale ou, en plus de cette dernière, sur un bras souple. On peut ainsi travailler à des distances de 5 à 30 cm. de l'appareil, la sonde subissant un effort magnétique qui ne gêne en rien la souplesse de main. — M. **M. Ménard** : *Localisation des projectiles et examen des blessés par les rayons X.* L'auteur a été amené à rejeter complètement de sa pratique les différents procédés radioscopiques. La localisation des projectiles par la méthode de Hirtz, précise, d'une exécution facile et n'exigeant pas de personnel spécial, lui a donné d'excellents résultats. L'examen des blessés par les rayons X est fait aisément, même au lit, avec une installation transportable. — M. **J.-R. Mourelo** : *Sur la phototropie des systèmes inorganiques. Système du sulfure de strontium.* L'auteur a préparé une série de systèmes phototropes contenant du sulfure de Sr avec un ou deux phosphorogènes, Mn et Mn + Bi, en quantités variables. Le Mn est un phototrope en même temps qu'un phosphorogène efficace; mais il a été impossible de trouver une loi du phénomène, ni même d'établir des relations entre l'intensité de la phosphorescence et la phototropie. La phototropie est plus constante dans les systèmes à deux phosphorogènes (Mn et Bi). — M. **L. Liais** : *Imperméabilisation des tissus par imprégnation des éléments constitutifs. Essais de résistance des tissus.* Le meilleur procédé d'imperméabilisation consiste à imprégner, avec une substance convenable, les éléments constitutifs du tissu (chaîne et trame). Les fils de trame, enroulés en cannettes, sont plongés dans un autoclave contenant une dissolution de caoutchouc ou autre et soumis à une pression produisant une imprégnation complète du fil. Le tissage s'effectue avec les canettes, alors que la dissolution est encore à l'état liquide. Par l'action du peigne du métier à tisser, le fil de trame subit des pressions et des dépressions alternatives faisant sortir de la trame l'excès de liquide, qui est transporté et réparti sur les fils de chaîne par le frottement du peigne. Le prix de revient est très réduit. Pour l'auteur, la qualité d'un tissu est fonction de la résistance au frottement des fils de chaîne et de trame entre eux, et non de la résistance dynamométrique ou du pourcentage d'allongement. L'auteur décrit une méthode de détermination de cette résistance au frottement.

2° Sciences naturelles. — M. **Armand Gautier** : Sur la ration du soldat en temps de guerre (voir p. 104).

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 26 Janvier 1915

M. **Laurent** (de Bruxelles) est élu Correspondant dans la Division de Chirurgie.

M. **A. Piédallu** : *Emploi des corps gras pour éviter les gelures.* L'auteur a fabriqué une graisse composée de : suif, 90; huile de pied de bœuf épurée, 8; pétrole, 2, et l'a fait distribuer à certaines troupes pour éviter les accidents de gelure. Partout où les hommes se sont graissé les pieds avec cette composition, les gelures ont diminué en nombre, et les cas observés ont été moins graves. Cette graisse peut facilement être fabriquée par tonnes dans chaque centre d'abat.

Séance du 2 Février 1915

S. A. S. le Prince **Albert de Monaco** est élu Associé étranger de l'Académie.

M. **Témoin** : *Les pieds gelés dans l'armée.* L'auteur a examiné un très grand nombre de soldats évacués sur les hopitaux avec la mention : pieds gelés. La grande fréquence de ces cas n'est pas en rapport avec la nature plutôt clémente de l'hiver, et il est surprenant que les gelures portent uniquement sur les pieds et non sur les mains, les oreilles et le nez comme en 1870. L'auteur est arrivé à la conclusion qu'aucun des blessés n'a eu, en réalité, les pieds gelés. Les lésions qu'ils présentent sont uniquement des gangrènes par arrêt de circulation dû à la compression; plusieurs jours sont nécessaires pour qu'elles se produisent; on peut les éviter, soit en diminuant la longueur du séjour dans les tranchées, soit et surtout en supprimant toute constriction de la jambe ou du pied, et en forçant les hommes à se déchausser souvent ou à délacer leurs chaussures. L'Académie décide à l'unanimité de transmettre ces conclusions à M. le Ministre de la Guerre.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 23 Janvier 1915

Mlle **E. Steinhardt-Harde** : *Communication préliminaire sur la gangrène gazeuse.* L'auteur a pensé que l'intoxication aiguë du premier stade de la gangrène gazeuse avec production de gaz peut être due non seulement aux toxines solubles du *B. perfringens*, mais aussi à l'absorption du gaz. Pour lutter contre la production de ce dernier, elle s'est adressée au nitrate de soude qui, d'après Veillon et Mazé, diminue considérablement la production de gaz des microbes anaérobiques dans les cultures. Ce corps, administré *per os* et localement dans deux cas graves, a arrêté la production de gaz et amené une amélioration rapide de l'état général. — MM. **C. Delézenne** et **E. Pozerski** : *Action de l'aldéhyde formique injectée dans l'intestin sur la sécrétion pancréatique.* Les auteurs ont observé que l'aldéhyde formique, introduite à faible dose dans le duodénum, détermine une abondante sécrétion pancréatique. Les concentrations optima sont situées entre 1 et 2 %. La sécrétion commence au bout de 4 à 5 minutes, croît rapidement pour

atteindre un maximum au bout de 10 à 15 minutes, puis décroît lentement pour ne cesser souvent que 30 à 40 minutes après le début. A la concentration optimum, l'injection peut être répétée plusieurs fois sans que l'on observe d'atténuation par trop marquée de l'effet sécrétoire. — M. **P. Mazé** : *Sur les phénomènes de combustion lente chez les végétaux morts.* L'auteur a constaté que les valeurs du rapport CO^2/O^2, dans le cas des végétaux morts, diffèrent beaucoup de celles que fournit la respiration. La combustion lente qui se poursuit dans la matière végétale morte ne présente donc, dans son processus, aucune analogie avec la combustion respiratoire. — M. **A. Policard** : *Recherches histochimiques sur le métabolisme de l'urée dans le rein.* L'auteur a décelé histochimiquement l'urée dans le rein au moyen du réactif de Fosse, le xanthydrol. Les glomérules, les segments à bordure striée (*tubuli contorti*), les anses de Henle, les segments intermédiaires ne renferment jamais de cristaux, tant dans leurs cellules de revêtement que dans leurs lumières. Seuls les tubes de Bellini offrent d'importants cristaux de xanthylurée. Ces résultats tendraient à faire croire que l'urée traverse l'épithélium rénal, non sous forme libre comme on l'admet généralement, mais après combinaison avec le protoplasma cellulaire. Elle ne transite pas simplement à travers la cellule rénale; elle n'est pas excrétée, mais sécrétée.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 15 *Janvier* 1915

M. **E.-L. Dupuy** décrit le mode opératoire qu'il a utilisé pour étudier les *anomalies de dilatation des alliages.* Les irrégularités de dilatation sont souvent très faibles, surtout dans la région correspondant au revenu des aciers spéciaux. La méthode de détermination par points de la courbe *longueur-température* peut quelquefois les laisser échapper, et l'emploi de l'enregistrement direct s'impose. M. Broniewski avait déjà réalisé un dispositif permettant d'enregistrer les indications du dilatomètre de M. Le Chatelier. Ce dispositif a donné de très bons résultats; cependant son réglage, assez délicat, ayant besoin d'être refait à chaque détermination, M. Dupuy a été amené à étudier un dispositif, basé sur le même principe, mais dans lequel ce réglage peut être effectué une fois pour toutes. L'appareil se compose d'une tige de silice horizontale fixée à une extrémité sur un pied servant de support à l'appareil, et munie à l'autre extrémité d'une butée. L'échantillon à étudier, pris sous forme de baguette de 5 cm à 10 cm de longueur, est placé, dans un tube de silice lui servant de guide, entre cette butée et une deuxième tige de silice qu'un ressort antagoniste appuie constamment contre lui. La partie de l'appareil renfermant l'échantillon étant placée dans un four, la différence entre la dilatation de l'échantillon et celle de la silice du support produit un déplacement relatif des deux tiges, déplacement qu'un miroir permet d'enregistrer. A cet effet, un rayon lumineux, issu d'une source convenablement disposée, est reçu d'abord sur le miroir du dilatomètre, disposé de telle sorte que son axe de rotation soit horizontal, puis est renvoyé sur un second miroir à axe vertical relié à un galvanomètre servant à recueillir les indications d'un couple thermo-électrique placé dans l'échantillon. Le mouvement résultant du rayon lumineux, reçu sur une plaque sensible, y tracera donc une courbe dont les abscisses correspondront aux températures et les ordonnées aux variations de longueur. Dans l'appareil utilisé, l'amplification de la variation de longueur de l'échantillon est de 80. Les expériences faites jusqu'ici ont principalement porté sur l'étude des transformations d'acier nickel-chrome de diverses compositions, et ont permis de déterminer avec une grande précision le revenu partiel que ces alliages subissent à partir de 130°, lorsqu'on les recuit après trempe. Elles ont permis également de vérifier l'absence des transformations du nickel dans ces alliages, les propriétés propres de ce métal y étant complètement masquées. — M. **C. Raveau** : *Sur la thermo dynamique des phénomènes magnétiques.* Parlant de l'expérience que M. Cotton a présentée à la séance du 4 décembre 1914 (voir p.66), M. Raveau revient sur l'intérêt qu'elle présente au point de vue didactique par la facilité qu'elle offre de définir des opérations réversibles et de montrer que la réversibilité n'est liée ni à la stabilité, puisque l'équilibre mécanique est instable, ni d'une façon directe à l'absence de force vive. Il peut être utile de noter que l'inégalité entre les chaleurs spécifiques du fer aimanté ou non aimanté, dont le fonctionnement du cycle à 4 temps du moteur thermomagnétique donne la démonstration, ne rentre pas dans le type de celles que la Thermodynamique déduit de la considération de cycles triangulaires. Une transposition de la formule classique qui donne la valeur de $C - c$ montre que la chaleur spécifique du corps magnétique soumis à une force extérieure constante (comptée tangentiellement à l'arc qu'il décrit) est plus *petite* que si le corps est maintenu immobile, le renversement du sens ordinaire de l'inégalité étant la conséquence de l'instabilité mécanique. Les inégalités relatives à un corps uniformément aimanté, qu'on tienne compte ou non de la magnéto-striction, s'écrivent de la même façon. Enfin le travail nécessaire pour imposer un déplacement déterminé au corps magnétique est plus *petit* quand la température est maintenue constante que quand on supprime les échanges de chaleur avec l'extérieur (Gouy). Ici, la liaison adiabatique joue le rôle ordinaire, parce qu'il n'y a pas d'instabilité thermique. Quand les effets thermiques auxquels est liée l'inégalité précédente sont négligeables, on retrouve l'inégalité de M. Cotton.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 5 *Novembre* 1914

1° Sciences mathématiques. — M. **Ch. H. Lees** : *Sur le flux des liquides visqueux à travers des tubes circulaires lisses.* La différence de pression $p_0 - p_l$ en dynes par cm.² entre deux sections distantes de l cm. d'un tube de diamètre d cm. dans lequel coule avec une vitesse moyenne v un fluide dont la densité ρ peut être considérée comme constante sur la longueur l et dont la viscosité cinématique est ν, ne peut être représentée par une puissance simple de la vitesse, mais nécessite pour être exprimée une formule du type :

$$p_0 - p_l = (l\rho v^2/d)\,(a + b\,[\nu/vd]^n),$$

où a, b et n sont des constantes. Dans la mesure où le principe de similitude dynamique est applicable au flux des fluides dans un tube, a, b et n doivent être des constantes applicables à tous les fluides et à tous les tubes. Les expériences de Stanton et Pannell montrent qu'entre des limites étendues $a = 0{,}0018$, $b = 0{,}153$ et $n = 0{,}35$. Quand la vitesse et le diamètre augmentent et que la viscosité cinématique diminue, la différence de pression varie à peu près comme $l\rho v^2/d$, et l'effet de la température sur la différence de pression diminue.

2° Sciences physiques. — M. **R. J. Strutt** : *Les vapeurs lumineuses distillées de l'arc, avec applications à l'étude des séries spectrales et de leur origine.* L'auteur a étudié les propriétés d'un jet lumineux de vapeur de mercure distillée de l'arc dans le vide. Quand le courant de vapeur atteint d'abord l'anode et qu'on emploie un réseau comme cathode, tous les ions positifs peuvent être extraits de la vapeur qui traverse la cathode. La luminosité du jet n'est pas affectée par l'enlèvement des ions négatifs à l'anode, mais elle est éteinte par la soustraction des ions positifs à la cathode. Quoique l'enlèvement des ions négatifs dans le premier cas ne soit pas complet, il est suffisant pour montrer que la luminosité est indépendante du nombre d'ions négatifs présents. Elle n'est donc pas due à la recombinaison des ions. Les expériences sur d'autres métaux aussi bien que sur le mercure montrent que les diverses lignes d'un

spectre ne sont pas, dans tous les cas, également éteintes quand le jet de vapeur lumineuse passe à travers un réseau négativement électrisé. Ainsi les lignes des séries subordonnées du sodium perdent toutes leur intensité dans le même rapport, mais la ligne D de la série principale est beaucoup moins affectée. Il en résulte que les centres lumineux émettant la série principale ne sont pas les mêmes que les centres lumineux émettant les séries secondaires. On observe des différences analogues dans les spectres de lignes de Mg et Zn. Les jets formés par As et Sb, qui présentent des spectres de bandes formés d'un grand nombre de bandes uniformément espacées, ne sont pas éteints par passage à travers un réseau négativement électrisé. Les centres lumineux paraissent donc non chargés dans ce cas. — M. **F.-O. Rice** : *Mesures quantitatives de l'absorption de la lumière. I. Les extinctions moléculaires des cétones aliphatiques saturées.* L'auteur a préparé à l'état de pureté optique 14 cétones aliphatiques saturées. Les longueurs d'onde des centres des bandes d'absorption dépendent du nombre de groupes méthyle dans les positions α et β relativement au groupe carbonyle. La substitution d'atomes d'H en position γ ou plus éloignée n'a pas d'effet sur la bande d'absorption. Les cétones de formule générale $CH^3CO.CH^2.CH^2R$ ont le centre de la bande d'asorption à 2790, et celles de formule générale $RCH^2CH^2CO.CH^2CH^2R$ à 2820, R étant un radical alkylique saturé quelconque. La substitution d'un atome d'H en α par CH^3 cause un déplacement du centre d'absorption vers le rouge de 20 unités Angström pour chaque atome substitué. La substitution d'un atome d'H en α avec formation d'un groupe iso cause un déplacement de 50 unités, et quand la substitution en α forme un groupe tertiaire, le centre d'absorption se déplace de 30 unités, toujours vers le rouge. Ces résultats généraux concordent avec les observations de Perkin sur la rotation magnétique de ces composés : elle est normale pour la méthylpropylcétone et les homologues supérieurs, mais anormale pour la méthyléthylcétone et encore plus pour l'acétone. Les résultats des mesures d'absorption s'accordent également avec les propriétés chimiques des cétones. Le pouvoir d'absorption ou extinction moléculaire de toutes ces cétones, à l'exception de l'acétone et de la méthyléthylcétone, est de 21,2. En supposant que, si l'acétone n'était pas associée, elle se comporterait normalement, le calcul du facteur d'association d'après l'extinction moléculaire donne 1,24, nombre très proche de celui trouvé par Ramsay et Shields (1,26). Pour la méthyléthylcétone, le facteur d'association calculé est de 1,09. La mesure de l'absorption lumineuse paraît donc susceptible de donner un moyen de déterminer le facteur d'association d'un liquide. L'ensemble des mesures concorde avec la théorie générale que la bande d'absorption des cétones est due au champ électromagnétique du groupe carbonyle influencé par les substituants immédiatement voisins.

Séance du 12 *Novembre* 1915

Sciences naturelles. — M. **S.-W. Patterson** : *L'action antagoniste de l'acide carbonique et de l'adrénaline sur le cœur.* Les expériences ont été effectuées principalement sur des chiens, quelques-unes sur des chats, ces animaux étant anesthésiés par inhalation d'un mélange d'éther et de chloroforme, les chiens après avoir reçu une injection hypodermique de morphine. Le système cœur-poumon était isolé par la méthode Knowlton-Starling. L'adrénaline était mélangée au sang dans le réservoir veineux, tandis que CO^2 était administré au moyen d'une poire à gaz. Voici les résultats obtenus: 1° CO^2 seul déprime toutes les fonctions du cœur isolé ; 2° L'adrénaline, tout en dilatant les vaisseaux coronaires, possède une action spécifique qui consiste dans l'augmentation de la vitesse et de la force de la contraction ventriculaire; 3° L'effet de CO^2 et de l'adrénaline combiné est de permettre une contraction plus rapide et plus forte et une relaxation rapide, et aussi d'allonger la période diastolique. Il y a ainsi un plus grand remplissage du cœur, et celui-ci se trouve dans une meilleure condition pour fournir un rendement maximum. — MM. **J. Mc Intosh** et **P. Fildes** : *La fixation de l'arsenic par le cerveau après les injections intraveineuses de salvarsan.* Mouneyrat estime que le salvarsan est particulièrement neurotropique, tandis que l'auteur, Ullmann, Morel et Mouriquand n'ont jamais trouvé d'arsenic dans le cerveau après l'injection de salvarsan. L'auteur a institué une nouvelle série d'expériences qui lui ont permis d'expliquer ces résultats contradictoires. Ses conclusions sont les suivantes : 1° Après des injections intraveineuses de salvarsan et de néo-salvarsan chez l'homme et chez les animaux, on ne peut trouver d'arsenic dans le cerveau. 2° Ce phénomène n'est pas dû à un défaut d'affinité entre le cerveau et le médicament, mais à une incapacité pour ce dernier de pénétrer dans la substance du cerveau, peut-être par suite d'une particularité des vaisseaux cérébraux. 3° La fixation de l'arsenic par le cerveau a lieu aussi facilement que par le foie, comme le montrent les expériences *in vitro* et les effets toxiques des injections intrathécales. 4° La pénétration du néosalvarsan dans le cerveau n'a pu être obtenue même par des injections intraveineuses fréquemment répétées. — MM. **H.-M. Woodcock** et **G. Lapage** : *Observations sur le cycle évolutif d'un nouveau Flagellé, l'*Helkesimastix fæcicola; *remarques sur la question de la syngamie chez les Trypanosomes.* Les auteurs ont observé dans les crottes de chèvre et de mouton un nouveau Flagellé qu'ils nomment *Helkesimastix fæcicola.* Le cycle évolutif est le suivant : Les kystes se développent pour former des individus flagellés; ceux-ci, après un certain temps d'activité, se mettent au repos, s'arrondissent, puis s'allongent et se divisent en deux suivant le mode usuel de scission binaire. Ensuite les individus se conjuguent par deux (syngamie) pour former un zygote, qui s'enkyste à son tour et redonne le kyste primitif. Un phénomène très important a été observé sur cet organisme: Lorsqu'on en fait une série de sous-cultures successives, on constate au bout d'un certain temps que les Flagellés, tout en continuant à se multiplier activement à chaque passage, ne présentent plus la syngamie, suivie d'enkystement, et semblent avoir perdu entièrement le pouvoir de les manifester. La cause de cette disparition de la syngamie et de l'enkystement résiderait dans la culture intensive, caractérisée par un excès d'alimentation et la non toxicité du milieu fréquemment renouvelé, où ne se trouverait plus l'excès de la ou des substances chimiques auxquelles les Flagellés réagissent normalement en cessant de se multiplier et en se conjuguant. Les auteurs pensent qu'on peut expliquer de la même façon l'absence de conjugaison constatée chez les Trypanosomes, ces derniers vivant dans un riche milieu nutritif, le sang, qui se renouvelle en enlevant les produits toxiques.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 3 *Décembre* 1914

M. **H.-V.-A. Briscoe** : *Redétermination du poids atomique de l'étain.* Le poids atomique de l'étain a été redéterminé par la mesure du rapport $4\,Ag : Sn\,Cl^4$. Le chlorure stannique était préparé avec Sn commercial pur et Cl pur, puis soumis à la distillation fractionnée. Sa purification finale et son introduction dans des tubes pesés avaient lieu par décantation et distillation fractionnée dans un appareil scellé et où l'on avait fait le vide. La quantité d'Ag nécessaire pour réagir avec Cl présent a été déterminée par une méthode gravi-volumétrique, et le point final trouvé par des essais néphélométriques. Quinze analyses concordantes ont donné pour poids atomique de l'étain la valeur moyenne 118,70. — M. **W. N. Haworth** : *Nouvelle méthode de préparation de sucres alkylés.* La méthode habituelle d'alkylation des sucres repose sur l'emploi des iodures d'alkyles

et de Ag^2O sec. L'auteur a reconnu que tous les dérivés méthylés des sucres peuvent être obtenus facilement par l'action du sulfate de méthyle et de NaOH ordinaire, dans des conditions bien déterminées. Il a constaté, en outre, que la méthylation des groupes OH des chaînes sucrées procède par étapes définies, certains groupes ayant la tendance à subir l'éthérification de préférence à d'autres. On obtient ainsi, comme substances intermédiaires, des sucres partiellement méthylés, bien caractérisés et homogènes. L'auteur a ainsi préparé un grand nombre de dérivés, connus ou nouveaux, du sucrose, du glucose, du mannose, du mannitol, du lactose. — **M. T. V. Barker** : *Essais de résolution des sels métalliques des amino-acides et d'autres composés coordonnés.* Un des plus remarquables succès de la théorie de la valence subsidiaire de Werner est l'interprétation théorique satisfaisante qu'elle a fournie du caractère anormal de beaucoup de sels complexes. La couleur bleu-violet des sels de cuivre de la glycine et de certains autres amino-acides est accompagnée d'une conductivité électrique anormalement basse en solutions aqueuses; cette dernière anomalie est aussi caractéristique des sels du cobalt trivalent, et elle a conduit Ley à la conclusion que l'atome de N du groupe aminé est combiné au métal par le moyen d'une valence subsidiaire, avec production d'une structure cyclique. La formule graphique de la glycine cuprique peut donc être représentée par :

$$\dot{N}H^2.CH^2.CO^2.\dot{C}u.CO^2.CH^2.NH^2.$$

Si la formule ci-dessus est contenue dans un seul plan, elle n'offre pas de possibilité d'énantiomorphisme; mais si, comme il semble probable, les quatre points d'attache sont disposés tétraédriquement autour du cuivre, la configuration n'est pas identique avec son image en miroir. La résolution de la glycine cuprique en constituants optiquement actifs prouverait que l'interprétation de Ley est correcte. D'autre part, quoique énantiomorphe, la molécule ne contiendrait pas d'atome asymétrique, puisque le cuivre posséderait un axe de symétrie binaire. Le même énantiomorphisme est théoriquement possible avec les sels de Cu (Ni, Pd, Pt) des homologues de la glycine; avec l'α-alanine, qui existe déjà elle-même sous deux formes droite et gauche, comme l'arrangement tétraédrique préviendrait la compensation interne, on obtiendrait deux paires de configurations énantiomorphes. Les essais de résolution de l'auteur n'ont encore abouti à aucun résultat; on se trouve, en effet, en face de grosses difficultés de technique. Les composés ci-dessus sont, en effet, parfaitement neutres, ce qui exclut l'emploi d'un acide ou d'une base optiquement active pour leur dédoublement. Il ne reste que la méthode de la cristallisation spontanée; l'auteur poursuit ses tentatives par ce moyen.

Séance du 17 Décembre 1914

M. H.-L. Pyman : *Composés aromatiques du sélénium.* L'auteur a essayé de préparer l'analogue sélénié de l'acide arsanilique, ou acide *p*-aminophénylsélénique, dans le but d'étudier son action physiologique. L'acide phénylsélénieux fournit par nitration un nitro-acide $NO^2.C^6H^4.SeO^2H$, F. 156°-157°, donnant successivement par réduction le diséléniure de nitrophényle, $(NO^2.C^6H^4.Se)^2$, F. 83°, puis le diséléniure d'aminophényle. Le dérivé acétylé de ce dernier, dissous dans l'acide nitrique concentré, forme l'acide acétylaminophénylsélénieux, F. 209°, qui par oxydation avec le permanganate de potasse conduit finalement à l'acide aminophénylsélénique $NH^2.C^6H^4.SeO^3H.2H^2O$, aiguilles incolores fondant anhydres à 229°. Il est probable qu'il s'agit ici du dérivé méta. — **MM. Th. Gray et G.-S. Cruikshanks** : *Méthode de séparation des dihydroxy-benzènes.* Les trois phénols sont dissous dans une faible quantité d'eau. On ajoute un excès d'une solution aqueuse d'acétate de plomb, et le sel de plomb du catéchol, presque insoluble dans l'eau, se précipite. Le filtrat, acidifié par H^2SO^4, est extrait à l'éther, et les phénols sont récupérés par évaporation de la solution éthérée sèche. Le mélange, formé presque uniquement de résorcinol et de quinol, est converti en di-*p*-nitrobenzoates, et celui de quinol est séparé par cristallisation de l'acétone où il est très peu soluble. Les phénols peuvent être régénérés des nitrobenzoates par saponification avec KOH alcoolique dans une atmosphère d'H ou d'Az, et acidification.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION DE NEW-YORK

Séance 20 du Novembre 1914

M. G.-F. Comstock : *Le titane et ses effets sur l'acier.* Le titane est le meilleur des désoxydants de l'acier. L'oxyde de titane agit ensuite comme un flux pour les silicates et les autres scories qui peuvent se trouver dans l'acier. Pratiquement, le titane est employé sous forme de carbure ou de ferrocarbure, et quelquefois sous forme d'alliage aluminothermique quand on ne désire pas introduire plus de carbone dans l'acier. Les aciers traités au titane ne sont pas de véritables aciers titanés, car on n'y trouve pas plus de 0,025 °/₀ de ce métal; leurs avantages consistent dans leur plus grande solidité, leur plus grande pureté et leur moindre ségrégation. L'acier traité au titane est surtout employé aux Etats-Unis à la fabrication des rails; il présente sur l'acier ordinaire une augmentation de limite élastique, de résistance, d'élongation, de dureté et d'endurance. La purification par le titane est également employée pour l'acier à essieux, l'acier coulé et l'acier doux en plaques et en feuilles minces. — **M. J.-H. Hall** : *L'acier au manganèse.* L'acier au manganèse, découvert il y a une trentaine d'années, contient généralement 10 à 14 °/₀ de Mn et 1 à 1,5 °/₀ de C. Sa propriété principale est sa grande dureté; aussi est-il aujourd'hui largement employé pour les parties qui travaillent des broyeurs de pierres, des dragues et pelles à vapeur, des pompes centrifuges, pour les croisements et les aiguilles des voies ferrées, etc. Le moyen le plus simple et le plus économique de produire l'acier au manganèse est de mélanger du ferromanganèse fondu à 80 °/₀ avec de l'acier doux fondu contenant de 0,10 à 0,25 °/₀ de C. L'acier doux peut être fabriqué au four à sole, mais on emploie plus généralement le petit convertisseur Bessemer. Le ferromanganèse est fondu en général au creuset; on a essayé le four à coupole : les dépenses sont moindres, mais les pertes sont plus grandes; le four électrique tend à s'introduire de plus en plus. L'acier au manganèse est trempé par chauffage entre 1000° et 1100° et refroidissement rapide dans l'eau froide. L'acier au manganèse fondu consiste en une masse fondamentale d'austénite, contenant de la cémentite manganifère dans un réseau et à l'état d'aiguilles et de plages dans les grains d'austénite; ces réseaux de cémentite sont bordés par une zone dans laquelle l'austénite est plus ou moins transformée en troostite ou sorbite. A certains endroits la cémentite et l'austénite partiellement transformée forment un eutectique. Par chauffage, la cémentite est absorbée dans l'austénite, et elle n'est pas libérée par refroidissement si ce dernier est assez rapide; pour cela, il faut que les blocs à tremper ne soient pas trop épais; sinon ils sont moins durs que les blocs de plus petite dimension. La rechauffe vers 500° fait perdre complètement la dureté, parce que la cémentite est libérée de l'austénite sous forme d'un réseau très fin et de multiples petites aiguilles qui brisent la continuité de l'austénite et rendent l'acier cassant.

Le Gérant : Octave DOIN.

Sens. — Imp. LEVÉ, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 5 15 MARS 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Physique

Les propriétés magnétiques et autres du fer électrolytique fondu dans le vide. — M. T. D. Yensen vient de se livrer à de très intéressantes expériences sur cette question[1].

Du fer électrolytique, d'une teneur de 99,97 à 99,98 % de fer, a été fondu dans des creusets de magnésie fondue au moyen d'un four Arsem perfectionné, puis forgé en barres et recuit dans un four électrique suivant divers cycles calorifiques. Ses propriétés magnétiques ont été déterminées par la méthode du double barreau de Burrows, avec celles de quelques échantillons commerciaux de fer et d'acier comme terme de comparaison. On a déterminé également la résistance électrique, la composition chimique, la résistance à la traction, les températures critiques et la microstructure.

L'auteur a obtenu les résultats suivants :

1° Le fer pur, fondu dans une atmosphère d'oxyde de carbone à la pression atmosphérique, absorbe à la fois du carbone et de l'oxygène, en fournissant un fer d'une qualité magnétique inférieure.

2° Du fer à faible teneur en carbone fondu dans le vide perd 50 à 90 % de sa teneur originale en carbone.

3° La qualité magnétique du fer électrolytique fondu dans le vide est manifestement supérieure à celle de toutes les sortes de fer produites jusqu'à présent, la perméabilité maximum obtenue étant de 19.000 pour une densité de flux de 9.500 gauss. La perte par hystérèse moyenne est de plus de 50 % inférieure à celle qu'on trouve pour les meilleures qualités de fer de transformateur.

4° La résistance électrique spécifique du fer pur fondu dans le vide est de 9,96 microhms.

5° Le fer au charbon suédois fondu dans le vide possède une qualité magnétique à peu près égale à celle du fer électrolytique fondu dans le vide, due principalement à la réduction de la teneur en carbone.

Il résulte des faits précédents qu'on peut obtenir, par fusion du fer électrolytique dans le vide, une qualité supérieure de fer pour les emplois magnétiques. Quoique la résistance électrique de ce fer soit très basse, on peut remédier à ce défaut par l'addition d'éléments tels que le silicium ou l'aluminium, qui sont connus pour augmenter beaucoup la résistance électrique sans affecter notablement la qualité magnétique. Des expériences dans cette voie sont en cours d'exécution.

Le fer fondu dans le vide deviendra-t-il jamais un produit commercial? Cela dépendra de la possibilité de construire un appareil capable de le fabriquer sur une grande échelle à un prix qui ne soit pas prohibitif.

§ 2. — Chimie physique

La couleur des corps et leur constitution chimique. — De toutes les propriétés d'un corps, c'est peut-être la couleur qui est le plus étroitement liée à sa constitution chimique. D'où le nombre considérable de recherches qui ont été faites dans ce domaine[1].

Comme la couleur d'un corps dépend de l'absorption qu'il exerce sur la lumière, l'étude des spectres d'absorption est d'un grand secours pour préciser nos connaissances sur la constitution chimique.

Si l'on considère des corps ayant des propriétés chimiques voisines, l'augmentation du poids moléculaire est corrélative, en général, d'un déplacement de l'absorption vers les grandes longueurs d'onde et, par suite, d'un changement de couleur vers le violet. C'est ce qui se produit, par exemple, dans les métalloïdes de la première famille : fluor, chlore, brome et iode ; à mesure que le poids atomique augmente, la couleur se fonce : le fluor est incolore ; les autres éléments sont respectivement vert-jaune, rouge et violet.

Des résultats plus précis ont été fournis par l'étude des nombreuses matières colorantes organiques, pour lesquelles on a particulièrement examiné l'influence des différents radicaux. Les hydrocarbures colorés les plus simples (par exemple le fulvène) sont jaunes ou

1. *Proc. of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XXXIV, n° 2, pp. 237-261 ; février 1915.

1. Voir *Scientia*, novembre 1914.

vert-jaune. Quand on remplace, dans la molécule, un atome d'hydrogène par l'un des radicaux OH, CH^3, C^6H^5, COOH, etc., la couleur des composés obtenus vire du jaune au violet. D'autres radicaux, comme NH^2, NO^2, etc., agissent en sens opposé. On désigne les premiers sous le nom de groupes *bathochromes* et les derniers sous celui de groupes *hypsochromes*. Dans beaucoup de cas, le degré de l'action exercée par un groupement dépend grandement de la constitution de la molécule où s'opère la substitution : l'influence de cette molécule peut, dans certains cas, par exemple quand elle renferme déjà certains groupes de nature bathochrome, devenir si forte que le groupement introduit perd son caractère bathochrome et devient hypsochrome.

Pour qu'une substance organique soit colorée, elle doit contenir certains radicaux appelés *chromophores*, dont le caractère le plus net est qu'ils ne sont pas saturés : par exemple, le groupement constitué par deux atomes de carbone à liaison double C=C, le radical carbonyle C=O, le groupe azo N=N, le groupe nitro NO^2, etc. La coloration d'un composé se fonce de plus en plus à mesure qu'augmente le nombre des chromophores dans la molécule, surtout si la substitution s'effectue dans un composé à constitution cyclique comme la quinone et ses dérivés.

De ce qu'une substance est colorée, il ne résulte pas nécessairement qu'elle puisse être utilisée comme matière colorante pour la teinture des fibres textiles. Il faut que la molécule du corps coloré renferme, outre les groupes chromophores, des groupes « auxochromes » parmi lesquels on peut citer les groupes OH, NH^2, etc. Ainsi le nitrobenzène ($C^6H^5NO^2$), qui est un corps coloré, ne devient matière colorante que par l'entrée dans la molécule d'un groupe NH^2 qui donne naissance à la *p*-nitraniline.

La chimie des matières colorantes a été longtemps étudiée en vue des applications industrielles et l'on s'est borné en général à l'étude de la partie visible du spectre. Ces dernières années, les travaux d'Hartley ont indiqué que l'étude du spectre d'absorption dans l'ultraviolet, qu'il est possible de faire en utilisant des méthodes photographiques, pourra devenir très importante pour le progrès de nos connaissances sur la structure des molécules. Et de nombreux chercheurs sont actuellement engagés dans cette voie.

A propos du système des éléments chimiques. — Après avoir pris connaissance de l'article de M. J. R. Rydberg : Le système des éléments chimiques, paru dans la *Revue* du 30 août-30 septembre 1914, M. Marcel Guignard, auteur lui-même d'une table hélicoïdale des éléments, nous adresse une longue communication, que nous ne pouvons reproduire *in extenso*, mais dont nous résumerons les principaux points :

Pour M. Guignard comme pour M. Rydberg, « le système des éléments chimiques doit dépendre d'une seule variable indépendante, l'ordinal. Mais la fonction qui permet de calculer chaque poids atomique peut être trop complexe pour que la seule considération de ces poids permette de la découvrir. Il faut compléter l'expérience en tenant compte de la vraie valence et des propriétés chimiques (basicité ou acidité). Comme la valence peut changer avec la température en modifiant la configuration de la table hélicoïdale des éléments, on considérera avant tout les valences stables à la température ordinaire ».

M. Guignard a ainsi dressé une table hélicoïdale des éléments comportant 80 cases affectées des ordinaux 1 à 80. Cette table ne renferme pas un certain nombre d'éléments du groupe des terres rares, et certains ordinaux n'ont pas été affectés d'éléments connus. Si n est l'ordinal d'un élément, son poids atomique est $A = \alpha n + x$. Les éléments de la table ont été divisés par l'auteur en six groupes longitudinaux pour lesquels les poids atomiques moyens sont donnés par les formules :

$$A = 2n - 1$$
$$A = 2n \text{ ou } 2n + 1$$
$$A = 2n - 1 \quad 8$$
$$A = 2n + 20$$
$$A = 2n + 32, \text{ ou } 3n + 20, \text{ ou } 2n + 56$$
$$A = 3n,$$

qui donnent une idée des modes d'accumulation de la matière dans chaque groupe.

L'auteur revendique pour son système l'avantage d'exclure la notion de valence négative, invoquée par M. Rydberg et qui semble en contradiction avec l'expérience, et celui de montrer plus clairement et plus rapidement les propriétés numériques existant dans la suite des poids atomiques, chacun de ses groupes longitudinaux formant une suite analogue à une progression arithmétique.

§ 3. — Chimie appliquée

Exécution rapide des épreuves radiographiques. — Dans une note présentée à l'Académie des Sciences le 25 janvier dernier, MM. Rivier et Dupoux ont préconisé l'emploi de plaques ferrotypes pour l'exécution rapide des radiographies. Le procédé ferrotype a, il est vrai, l'avantage de donner directement, par simple développement et fixage, une image positive sur plaque de tôle. Cependant, jusqu'ici, il n'avait jamais eu qu'une application fort restreinte : c'est le très modeste gagne-pain d'artistes ambulants, qui vont de foire en foire et exécutent dans des ateliers bien précaires de petits portraits qui n'ont d'autre mérite que leur extrême bon marché et la rapidité avec laquelle ils sont livrés aux clients. Il faut bien reconnaître que, si ce procédé est simple, il ne fournit que de médiocres résultats : les blancs du modèle sont reproduits, non pas en blanc, mais en gris perle ; la vigueur des contrastes s'en trouve nécessairement affaiblie, et la gamme des valeurs est réduite d'autant ; de plus, les demi-teintes, surtout les plus claires, ne sont que très imparfaitement rendues.

Il ne manque d'ailleurs pas d'autres moyens d'obtenir une épreuve positive sans passer par l'intermédiaire d'un cliché négatif. Le plus usité est le procédé d'inversion, tel qu'on le pratique en autochromie : on développe d'abord l'image négative, comme d'habitude, puis, au lieu de la fixer dans l'hyposulfite de soude, on la traite par un bain susceptible de dissoudre l'argent, par exemple une solution acidulée de bichromate ou de permanganate de potasse. Un second développement, exécuté en pleine lumière, fournit alors la contrepartie de l'image négative initiale, c'est-à-dire un positif. En soumettant à l'irradiation de l'ampoule de Crookes un papier au gélatinobromure (il en existe maintenant de très rapides), il est donc bien facile d'obtenir directement une épreuve radiographique.

On pourrait encore obtenir l'inversion par simple développement dans un bain contenant de la thiosinnamine ou de la thiocarbamide. Voici, par exemple, la formule du révélateur combiné à cet effet par Waterhouse :

Eau	100 cc.
Iconogène	1 gr.
Sulfite de soude	2 »
Carbonate de lithine	1 »
Solution saturée de thiocarbamide et de bromure d'ammonium	15 à 20 gouttes

On pousse le développement jusqu'à complet renversement. Si le positif est voilé, on le plonge, après fixage, dans un bain de bromure de cuivre, et on fixe de nouveau.

On pourrait, enfin, utiliser l'antagonisme, découvert en 1899 par M. Villard, des rayons X et de la lumière, celle-ci détruisant l'impression produite par ceux-là.

Cependant, ces deux dernières méthodes ne sont pas à conseiller : leur simplicité est plus apparente que

réelle ; l'application est assez délicate, et les résultats un peu incertains. Et puis, n'est-il pas toujours préférable de garder un cliché, pour le cas où l'épreuve viendrait à être égarée ou détériorée ? D'autant plus qu'on a souvent besoin de plusieurs exemplaires de la même radiographie, et il n'est pas bien difficile de les exécuter en quelques instants.

On a fait valoir, en faveur du procédé ferrotype, qu'il fournit une image en moins de dix minutes. C'est, en effet, possible ; mais M. Charles Gravier a indiqué, dès 1898, le moyen d'obtenir *un cliché et son épreuve en deux minutes*. Il suffit, à cet effet, d'appliquer contre le phototype développé, mais non fixé, une feuille de papier au gélatinobromure détendue dans l'eau. Voici, d'ailleurs, le détail des opérations :

On plonge dans une cuvette pleine d'eau une feuille de papier au bromure rapide ; on verse, dans une autre cuvette, un révélateur de rapidité moyenne, et on place à côté un cahier de papier buvard blanc. Ceci préparé, comptons le temps nécessaire à chaque phase du travail.

Développer le cliché : 30 à 40 secondes ;

Laver le cliché en l'agitant dans l'eau, sans le fixer : 5 secondes ;

Appliquer contre le négatif le papier au bromure et les presser légèrement dans le cahier de papier buvard, afin d'enlever l'excès d'eau : 5 secondes ;

Exposer à la lumière d'un bec de gaz ou d'une lampe à pétrole (le papier mouillé adhère suffisamment au cliché, sans qu'il soit nécessaire d'employer un châssis-presse) : 5 secondes ;

Développer l'épreuve au bromure : 30 à 40 secondes ;

Fixer l'épreuve dans un bain acide à 25 pour 100 d'hyposulfite, en agitant le papier dans la cuvette : 20 secondes ;

Laver légèrement : 5 secondes.

Total : 100 à 120 secondes, soit 2 minutes.

La rapidité de cette méthode, souvent utilisée par les reporters photographes, tient à la suppression du fixage du cliché et des lavages prolongés qui s'ensuivent, lavages qui seraient indispensables pour éviter les taches sur le papier ; tandis que les traces de révélateur qui peuvent subsister dans la couche à la suite d'un lavage imparfait n'ont aucun inconvénient.

Rien n'empêche de fixer le négatif, après le tirage des épreuves urgentes. E. C.

§ 4. — Botanique

Nouvelle méthode pour déterminer rapidement la vitalité des semences. — Jusqu'ici la vitalité des semences a été déterminée d'après le pourcentage de graines qui germent dans les lits de germination. Ces épreuves sont assez simples lorsqu'il s'agit de graines qui germent en peu de temps ; mais si, même dans les conditions les plus favorables, il doit s'écouler deux semaines ou plus avant que l'on puisse connaître la qualité de la graine, c'est-à-dire sa faculté germinative, il faut employer une méthode plus rapide ; une exposition de moindre durée entraîne d'ailleurs un moins grand danger d'altération ou de perte par les cryptogames parasites et d'autres ennemis.

M. G. Peirce a déjà démontré qu'en se servant de ballons Dewar argentés comme calorimètres, on peut facilement constater qu'il se dégage de la chaleur pendant la germination, et il a émis l'idée qu'il peut y avoir, entre les quantités de chaleur dégagées par des graines d'âges différents, des différences telles qu'elles peuvent servir à indiquer l'âge et la faculté germinative ou vitalité des graines. Il vient de reprendre l'étude de cette question avec M. L. Darsie et Mlle Ch. Elliot, et les auteurs sont arrivés aux résultats suivants [1].

Ils ont fait des essais de germination dans des ballons Dewar argentés et comparativement dans des lits de germination, avec des semences d'âges divers et sûrement connus, d'orge, de trèfle, de maïs, d'avoine, de blé. Les résultats démontrèrent que, toutes choses égales d'ailleurs, le dégagement d'une haute température par les semences, dans une limite de temps raisonnable, est l'indice d'une grande énergie germinative et de la faculté de développer rapidement la radicule et la tigelle après la germination ; en d'autres termes, c'est un indice de vigueur. La quantité de chaleur dégagée pendant la germination diminue avec l'augmentation de l'âge des graines d'une espèce donnée ; mais cette diminution n'est pas toujours parfaitement régulière, étant donnée l'influence des conditions climatiques dans lesquelles les différents échantillons ont été cultivés et récoltés, leur degré de maturation et les conditions dans lesquelles ils ont été conservés.

A l'instar des animaux supérieurs, les graines en germination ont une température que l'on peut considérer comme *normale* ou caractéristique pour chaque espèce ; tout écart sensible de cette température normale indique des conditions anormales de la semence. Toutes choses égales d'ailleurs, la température normale est dégagée par les graines les plus fraîches et les plus vigoureuses. Une température plus élevée que la normale indique la présence d'autres organismes (cryptogames, etc...) dégageant aussi de la chaleur ; une température inférieure à la normale indique une diminution de vitalité (due le plus souvent à une augmentation d'âge).

Voici quelle est, pour quelques espèces, la température normale, soit l'augmentation journalière moyennne de température produite par 10 gr. de semence.

Chanvre.	1°,82 C.
Trèfle	0°,75
Blé.	0°,73
Avoine	0°,55
Maïs.	0°,49

§ 5. — Zoologie

La sélection des couleurs par les moustiques. — M. A. E. Shipley vient de décrire d'intéressantes expériences effectuées à Cambridge concernant l'influence des diverses lumières colorées sur les moustiques [1].

Plusieurs observateurs ont déjà signalé que les moustiques fréquentent les surfaces sombres de préférence aux claires. Buchanan a noté que les hommes chargés de recueillir les moustiques dans un hôpital indien les capturaient le plus facilement en tendant un ou deux vêtements noirs sur les murs, tandis que les insectes évitaient toujours les vêtements blancs.

Voici le dispositif adopté par M. Shipley dans ses expériences : Dans la grande tente cubique en gaze où les moustiques (*Anopheles maculipennis*) étaient conservés, on empila un certain nombre de boîtes en carton sans couvercle mesurant 20 × 16 × 10 cm. Ces boîtes étaient garnies de tissus de 17 couleurs différentes, et placées par rangées les unes au-dessus des autres, l'ordre étant modifié chaque jour de façon à éliminer toute influence de la hauteur au-dessus du plancher ou d'illumination variable. On a compté le nombre des moustiques réfugiés dans chaque boîte pendant 17 jours consécutifs et on a obtenu les résultats suivants :

Couleur de la boîte	Nombre de moustiques dans chaque boîte
Bleu marine.	108
Rouge sombre.	90
Brun rouge	81
Ecarlate	59
A reporter. . . .	338

1. *The Botanical Gazette*, t. LVIII, n° 2, pp. 101-136 ; août 1914 ; analysé dans le *Bull. mens. de l'Inst. international d'Agriculture*, t. V n° 11, p. 1659, auquel nous empruntons les renseignements ci-dessus.

1. *British Medical Journal*, n° 2824, p. 284 (13 févr. 1915).

Couleur de la boîte	Nombre de moustiques dans chaque boîte
Report....	338
Noir.....	49
Gris ardoise.....	31
Vert olive.....	24
Violet.....	18
Vert herbe.....	17
Bleu.....	14
Gris perle.....	9
Vert pâle.....	4
Bleu myosotis.....	3
Ocre.....	2
Blanc.....	2
Orange.....	1
Jaune.....	0
Total.....	512

On remarquera qu'au niveau du gris perle il y a une chute marquée : les six dernières couleurs, spécialement l'orange et le jaune, semblent positivement repousser l'insecte. On voit que les vêtements de couleur khaki ont d'autres avantages que d'être invisibles à l'ennemi.

Ces expériences sont susceptibles d'une application pratique. Il doit être possible de construire des trappes à moustiques tendues en bleu marine; en vidant périodiquement leur contenu, on pourrait détruire un nombre considérable de moustiques. Une solution visqueuse bleue serait peut-être encore plus efficace.

§ 6. — Physiologie

Influence du timbre et de l'intensité sur la localisation des sons. — Un savant anglais, M. Ch. S. Myers, vient de se livrer à de très intéressantes expériences sur ce sujet[1]. Il opérait dans une « chambre sourde », dont les parois, le plafond et le plancher, composés d'un mélange de pierre, de mousse de tourbe et de liège, et garnis intérieurement d'une couche épaisse de poils de cheval, amortissaient presque complètement les sons. Le sujet était assis, les yeux bandés et la tête appuyée, sur un siège au centre de la salle. Un appareil ingénieux, — formé d'une embouchure, reliée par un tuyau flexible à l'appareil producteur de sons situé au dehors de la salle, et susceptible de prendre toutes les positions dans deux plans vertical et horizontal, — permettait de faire entendre des sons de timbre et d'intensité variables dans toutes les parties de la chambre.

Dans l'analyse des facteurs qui déterminent la localisation des sons, l'auteur distingue la *latéralité* — c'est-à-dire la position apparente du son par rapport au plan vertical médian ou sagittal du corps — de l'*incidence* — c'est-à-dire la position apparente par rapport au plan horizontal situé à la hauteur des deux oreilles.

Voici les résultats que lui ont donnés les expériences faites sur 7 hommes et 4 femmes, aucun n'ayant dépassé l'âge de 40 ans.

1° La latéralité d'un son est déterminée par des différences binaurales ou l'égalité d'intensité de la sensation. Les changements expérimentaux d'intensité dans le timbre ou l'intensité d'un son ne provoquent aucune différence dans sa latéralité.

Dès qu'un enfant commence à prendre conscience des sons, il apprécie aussitôt leur latéralité. La réception par une oreille d'un stimulus plus fort que celui qui atteint l'autre oreille détermine aussitôt chez l'enfant un mouvement de la tête et des yeux qui porte ces derniers vers la source du son.

2° L'incidence d'un son est déterminée à la fois par son timbre et par son intensité. Des variations expérimentales du timbre ou de l'intensité d'un son provoquent des changements marqués dans l'appréciation de son incidence. Les adultes mêmes commettent les plus grosses erreurs dans cette appréciation. On peut arriver cependant, par des exercices pratiques faits avec des sons de timbres et d'incidences différents, ou par des mouvements de la tête qui font varier le timbre et l'intensité d'un même son au moment de sa réception, à déterminer correctement l'incidence d'un son.

3° La sensibilité tactile ou cutanée ne paraît jouer aucun rôle dans la localisation auditive.

1. *Proc. Royal Soc., London*, série B, t. LXXXVIII, p. 267-284.

L'étude analytique du mécanisme de l'écriture. — Les principaux mouvements de l'acte d'écrire sont ceux de l'avant-bras, de la main et des doigts. Les seuls dont l'analyse présente quelque difficulté sont ceux des doigts, et ce sont précisément ceux qui offrent le plus d'intérêt. M. J. Drever[1] a cherché à isoler ces mouvements par un procédé d'élimination. L'écriture même est la résultante de tous les mouvements; le mouvement de la main est la résultante de tous les mouvements, excepté ceux des doigts. Si l'on parvient à tracer séparément le mouvement de la main, la différence entre ce tracé et celui de l'écriture indiquera la part prise par les mouvements des doigts.

Pour déterminer le mouvement de la main, M. Drever a apporté d'importantes modifications à un appareil proposé par Judd en 1907; la forme perfectionnée consiste en une large bande de métal courbée qui prend le dos de la main; à cette bande est attaché tangentiellement un dispositif inscripteur terminé par une plume ou un crayon qui est appuyé par un ressort contre une bande de papier.

Les résultats déduits par l'auteur de la comparaison des tracés sont les suivants :

1° Normalement, dans l'écriture adulte soignée, spécialement dans l'écriture à la plume, les mouvements les plus fins de la formation des lettres sont dus aux doigts. Lorsque la vitesse de l'écriture augmente, la main prend une part de plus en plus grande au mouvement; pour une écriture très rapide, les mouvements sont parfois presque uniquement ceux de la main.

2° Le mouvement principal de la main dans l'écriture est alternativement une rotation autour d'un axe dans le poignet et autour d'un axe dans le coude pour l'écriture soignée; mais, lorsque la rapidité de l'écriture augmente, la rotation autour de l'axe du poignet tend à disparaître.

3° Dans l'écriture des enfants, le rôle joué par le mouvement des doigts est très variable. En général, le mouvement de la main prédomine, même dans la formation des lettres, mais ce n'est pas un principe universel.

Jusqu'à présent, on n'a pas essayé d'enregistrer la pression des doigts sur la plume (l'étreinte) pendant l'écriture M. Drever a construit, à cet effet, un petit appareil formé d'une double tétine en caoutchouc, l'une extérieure, l'autre intérieure, placée autour de la plume. L'espace qui existe entre leurs parois est rempli de mercure et scellé. Un tube très étroit pénètre dans cet espace et permet de transmettre la pression que prend le mercure sous les doigts qui serrent la tétine à un tambour enregistreur. Ce dispositif a l'inconvénient d'être un peu lourd; il donne cependant des résultats dignes de confiance.

La pression de la pointe de la plume sur le papier, au contraire, a déjà été l'objet de nombreuses déterminations, dans toutes sortes de conditions; mais la balance de Kraepelin, généralement employée, est susceptible de diverses critiques. Aussi M. Drever a-t-il combiné un appareil beaucoup plus simple et plus exact. Son principe essentiel est d'enregistrer la pression exercée sur la pointe de la plume en faisant agir la pression

1. *Proc. of the Royal Soc. of Edinburgh*, t. XXXIV, part. III p. 230-240.

de l'extrémité supérieure de la plume sur un tambour récepteur.

Dans ce but, on glisse la plume (ou le crayon) dans un tube support. Au moyen d'un tube de guidage, la pression est dirigée normalement à la surface du tambour. Pour diminuer le frottement et pour prévenir les mouvements latéraux de la plume, on place un ou deux anneaux à l'intérieur du tube de guidage, ce qui permet à la plume de se mouvoir librement dans les deux sens. En reliant le tambour récepteur avec un tambour enregistreur, on obtient le tracé de la pression de la pointe.

Avec ces deux appareils, M. Drever a obtenu de très intéressants résultats, dont les plus importants sont probablement ceux qui se rapportent aux différences entre l'écriture de l'adulte et celle de l'enfant (fig. 1).

La pression des doigts sur la plume chez l'adulte montre presque toujours une élévation et une chute rythmiques de pression, à peu près aussi régulières dans le tracé que les vibrations d'un diapason, quoique, lorsque la vitesse d'écriture augmente, l'amplitude des changements de pression diminue sensiblement. Ce rythme se retrouve dans l'écriture des enfants à partir de l'âge de dix ans, mais avec des irrégularités marquées. Il est difficile d'obtenir avec l'appareil de l'auteur des résultats valables chez des enfants plus jeunes. Un phénomène analogue se présente dans le cas de la pression sur la pointe. Chez l'adulte, le tracé montre un sommet « ridé » caractéristique sur chaque onde de pression, indiquant une augmentation et une diminution plus ou moins rythmiques de pression. Dans l'écriture de l'enfant, cette caractéristique fait totalement défaut avant l'âge de 11 ans, et le tracé de pression consiste soit en une ligne plus ou moins continue, ou en une ligne qui est simplement « crochue », sans aucune régularité dans ses sinuosités. Ces phénomènes sont probablement en grande partie des phénomènes de coordination, mais ils ont aussi un intérêt psychologique, comme nous allons le voir.

Une seconde différence caractéristique entre l'écriture de l'adulte et de l'enfant, où le phénomène psychique se montre nettement à côté du phénomène de coordination, est la suivante : On sait que le lecteur exercé ne reconnaît pas les diverses lettres d'un mot individuellement, ni ne les épelle individuellement en lisant un mot, mais lit le mot avec une seule impulsion totale, soit de reconnaissance, soit de parole. De même, l'écrivain adulte écrit un mot, non avec une impulsion séparée pour chaque lettre, mais avec une seule impulsion pour le mot entier. Par contre, en apprenant à écrire, l'enfant apprend d'abord à dessiner les formes de lettres, et il existe une impulsion séparée pour chaque trait, ou lettre, ou groupe de lettres, suivant l'unité de dessin pour l'enfant, et celle-ci varie graduellement du trait à la lettre, de la lettre au groupe de lettres, du groupe de lettres au mot entier, à mesure que l'enfant progresse. Ces différences sont bien indiquées dans les tracés de pression de la pointe. Le tracé de l'adulte montre immédiatement que chaque mot est écrit comme un tout. Le tracé de l'enfant qui apprend à écrire montre également, sans qu'on puisse se tromper, les unités pour lesquelles il y a une seule impulsion de dessin.

Même lorsqu'on apprend dès l'origine à l'enfant à écrire d'une manière continue, les tracés peuvent être distingués par le défaut de variations rythmiques de pression. Cette différence, quoique en majeure partie un phénomène de coordination, indique en même temps la nature de l'impulsion psychique qui guide l'écriture. Elle est due en partie à ce que l'écriture est une forme de langage, et non le dessin.

Peut-on aller plus loin? L'unité de langage est la phrase, et non le mot; on le reconnaît en général clairement dans la parole et la lecture. En retrouve-t-on quelques traces dans l'écriture? Oui, jusqu'à un certain point. Dans l'écriture adulte, on peut souvent distinguer les phrases par la subordination des pressions individuelles pour chaque mot à une pression maximum simple sur une partie, en général la fin, de la phrase. Puisque l'enfant dessine et n'écrit pas, on chercherait en vain chez lui une semblable caractéristique. Toutefois, il faut noter que, chez les employés de bureaux, qui peuvent être considérés comme des écrivains professionnels, l'écriture tend à perdre cette dernière marque du langage et à présenter une pression approximativement uniforme.

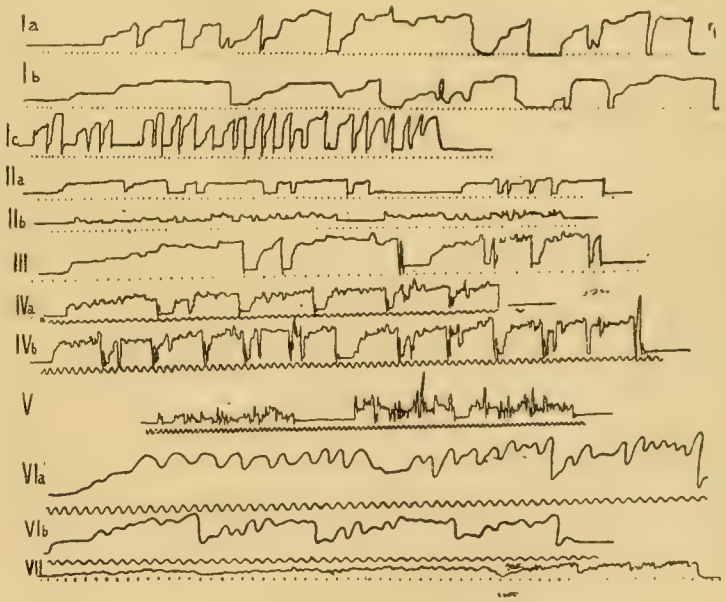


Fig. 1 — *Tracés de pression de l'écriture.*

I à III. *Tracés de pression sur la pointe chez des enfants.* Enregistrement du temps en secondes par le chronographe Jacquet.

I *a*. Enfant de six ans. Mots : « The cow gives us milk ».

I *b*. Enfant de six ans (premier essai d'écriture). Mots : « A man can ».

I *c*. Enfant de six ans (impression). Mots : « A man can run ».

II *a*. Ecriture au crayon, et II *b*. Ecriture à la plume d'un enfant de 8 ans. Mots : « Moray House School », écrits deux fois dans chaque cas.

III. Enfant de 11 ans. Ecriture au crayon. Mots : « Moray House School », écrits deux fois.

IV et V. *Tracés de pression sur la pointe chez des adultes.* Enregistrement du temps en cinquièmes de seconde par un diapason.

IV*a*. Ecriture au crayon, à la vitesse normale. Mots : « Moray House School », écrits deux fois.

IV*b*. Ecriture au crayon par le même sujet, vitesse maximum. Mots : « Moray House School », écrits quatre fois.

V. Ecriture à la plume, lente et rapide. Mots : « Moray House School », écrits une fois lentement et deux fois rapidement.

VI et VII. *Tracés de la pression des doigts sur la plume, chez des adultes et des enfants de 11 ans.* Enregistrement du temps en cinquièmes de seconde pour les adultes et en secondes pour les enfants.

VI*a*. Ecriture d'adulte au crayon. Mots : « Moray House School ».

VI*b*. Ecriture d'adulte à la plume. Mots : « Moray House School Moray ».

VII. Ecriture d'enfant au crayon. Mots : « Moray House School », répétés une fois lentement, une fois rapidement.

Dernière remarque: le tracé de la pression de la pointe est aussi caractéristique pour un individu que son écriture ou sa signature, et même dans l'écriture de la main gauche, sans exercice préalable, on retrouve ces caractéristiques individuelles. On peut cependant distinguer des types généraux différents d'écrivains. Les auteurs précédents en avaient signalé deux: un type *masculin*, avec un seul maximum de pression pour chaque mot ou chaque phrase écrite comme un tout, et une augmentation de la pression de la pointe quand la vitesse de l'écriture augmente; un type *féminin*, avec plusieurs maxima de pression dans le mot ou la phrase, ou avec une pression relativement uniforme, et avec une diminution de pression quand la rapidité de l'écriture augmente. M. Drever croit bon de séparer les deux variétés de ce dernier type, et de faire de la seconde un troisième type, le type d'*écrivain* ou *mécanique*, qui se distingue encore par le fait que la vitesse de l'écriture est normalement très près du maximum.

On voit que notre connaissance des processus de l'écriture prend un développement considérable et qu'une science réelle de la *graphologie* est en train de se fonder.

§ 7. — Géographie et Colonisation

Mission Audoin pour le ravitaillement de la région orientale du Territoire du Tchad. — M. le lieutenant de vaisseau Audoin, qui, de 1902 à 1904, avait été le collaborateur du colonel, aujourd'hui général Largeau comme commandant de la flottille du Tchad, puis avait fait partie, de 1906 à 1909, de la Mission Tilho pour la délimitation Niger-Tchad et avait spécialement exploré et étudié les contrées situées à l'est du Tchad, et qui enfin avait été appelé en 1910 à diriger la Mission hydrographique maritime du Gabon dont nous avons fait connaître ici les résultats[1], a été chargé, en 1913, d'aller étudier sur place les moyens de ravitaillement les plus rapides de la région orientale du Territoire du Tchad, dans laquelle d'importantes opérations militaires nous avaient conduits jusqu'aux confins du Massalit et du Dar Four. Il s'agissait, dans cette mission, de reconnaître le cours de certains affluents de droite du Chari, d'étudier leur navigabilité et de voir si quelques-uns d'entre eux pouvaient être utilisés pour le transport des hommes et des marchandises, afin d'obtenir ainsi une voie de ravitaillement plus rapide. L'Afrique centrale française avait déjà, grâce au chemin de fer Lagos-Kano à travers la Nigéria, une route d'accès très favorable, mais elle ne pouvait se contenter de cette seule voie, si l'on tient compte que le nombre des animaux porteurs entre le Tchad et l'Ouadaï est limité et que dès maintenant les ressources qu'ils offrent dans la région sont utilisées au maximum. Il était donc nécessaire de rechercher une autre voie de ravitaillement venant du Congo, et cette route partant du sud pourra conserver son utilité quelles que soient les facilités nouvelles de pénétration que nous puissions rencontrer par la suite du côté du Cameroun.

Secondé dans sa mission par l'adjudant Bonjour, de l'infanterie coloniale, M. le lieutenant de vaisseau Audoin a remonté l'Oubangui jusqu'à Bangui, et, faisant route par la voie de terre, il a gagné Batangafo, situé aux environs du confluent de la Fafa et du Bahr Sara, affluent gauche du Chari. Il a ensuite descendu le Bahr Sara jusqu'au confluent du Chari, puis celui-ci jusqu'au confluent du Bahr Salamat. Il a remonté ce dernier aussi loin qu'il lui a été possible et ensuite, de mars à juin 1914, il a exploré et étudié un certain nombre d'autres affluents de droite du Chari, Bahr Korbol, Bahr Erguig, Bahr Gamkoul, Bahr Laïri, etc. Rentré en France à la fin d'octobre, le lieutenant Audoin a pris de suite un poste de combat.

Ce voyage ne nous a pas seulement procuré d'utiles et pratiques indications sur les meilleures voies de ravitaillement à adopter pour les territoires orientaux du Tchad, mais il a aussi fourni des renseignements géographiques nouveaux sur cette région jusqu'ici imparfaitement connue.

M. le lieutenant de vaisseau Audoin a pu entièrement rectifier ce que l'on savait du cours du Bahr Salamat. Contrairement à ce qu'indiquent tous les documents cartographiques parus jusqu'à ce jour, il ne vient pas du Dar Four, mais seulement du Dar Rachid, au sud du Ouadaï; c'est à tort que les cartes en font un cours d'eau unique avec le Bahr Mangari, vu par Nachtigal en 1871, car ce dernier bahr se perd dans les terres auprès d'Am Timane. M. Audoin remonta le Bahr Salamat jusqu'à un point situé à quelques kilomètres en amont du déversoir du lac Iro, nappe d'eau qui, d'après M. Auguste Chevalier qui l'avait explorée en 1903, mesure 18 kilomètres de longueur sur 9 kilomètres dans sa plus grande largeur. En ce point la nappe liquide de la rivière présentait des solutions de continuité et toute navigation y devenait impossible. M. Audoin suivit alors le lit du cours d'eau jusqu'en un point peu éloigné d'Am Timane, et reconnut la zone marécageuse dans laquelle se perd le Bahr Mangari. Il put se rendre compte que le Bahr Salamat ne saurait être navigable pour des baleinières que pendant quatre mois jusqu'au lac Iro et un peu en amont pendant trois mois jusqu'au village de Dadia dans les années moyennes.

Les autres cours d'eau dont l'étude a suivi celle du Bahr Salamat ne pouvaient faire gagner pour accéder vers l'Ouadaï qu'un petit nombre de kilomètres, et encore pendant quelques mois seulement dans les années moyennes. Quelques-uns d'entre eux coulent presque parallèlement au Chari ou bien en sont seulement des bras. Il en est ainsi du Bahr Erguig, ou Bahr M'bassa, qui n'est qu'un bras, en partie colmaté, du Chari; il a pour affluent le Bahr Gamkoul.

Toutes les régions comprises entre le Tchad et le Chari, et le Ouadaï sont extrêmement marécageuses, et, durant l'hivernage, elles sont entièrement submergées. Toute cette partie du Centre africain entre les 9e et 12e degrés de latitude a été occupée à une époque géologique antérieure par une sorte de mer intérieure dont le Chari et ses affluents représentent des lignes de plus grande pente. Certaines de ces lignes, d'ailleurs, n'atteignent pas le Chari et celle qui constitue le Bahr Laïri, par exemple, va conduire les eaux qu'elle charrie en hivernage dans la cuvette du lac Fittri, alors que le Chari porte les siennes au lac Tchad. Les cours d'eau de cette région doivent donc être très anciens et nombre d'entre eux ont atteint leur niveau de base, tel le Salamat en aval du lac Iro. Dans ces conditions, leur navigabilité ne peut que devenir de jour en jour plus difficile sous l'action du colmatage.

Ces constatations diverses devaient amener M. le lieutenant de vaisseau Audoin à cette conclusion que l'on ne doit pas compter sur la possibilité de faire sur les affluents de droite du Chari une navigation commerciale. Il convient donc de créer une route se dirigeant vers nos possessions orientales du Centre-africain, et de lui donner comme point de départ une partie du cours du Chari qui soit accessible toute l'année par baleinière, et pendant plusieurs mois par vapeur. M. Audoin estime que l'endroit remplissant le mieux ces conditions est Miltou qui, en même temps, offre l'avantage d'être à la distance minima entre le Chari et le Ouadaï. La voie d'eau pour le ravitaillement venant du Congo suivrait, après ce fleuve, son affluent l'Oubangui jusqu'à Bangui. Là il faudrait construire une voie ferrée pour atteindre le bassin du Chari. D'après le projet primitif, elle devait être conduite vers Fort-Crampel, sur le Gribingui; mais, considérant que le Bahr Sara offre des conditions de navigabilité bien supérieures à celles du Gribingui, M. Audoin propose de diriger ce chemin de fer vers un point du Bahr Sara situé en aval de son confluent avec la Fafa. La navigation serait reprise sur le Bahr Sara, puis sur le Chari jusqu'à Miltou, d'où partirait la route vers le nord-est

Gustave Regelsperger.

1. *Revue générale des Sciences* du 15 décembre 1913, p. 872.

L'HISTOIRE DES DOCTRINES COSMOLOGIQUES DE M. DUHEM [1]

« L'œuvre dont nous entreprenons aujourd'hui la publication aura de vastes proportions, pourvu que Dieu nous donne la force de l'achever. » Ainsi débute le très court avant-propos qui précède le premier volume de l'ouvrage remarquable que publie M. Duhem sur l'*Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. Une seule phrase : « Peut-être ces pages apporteront-elles quelque utile renseignement au chercheur soucieux de connaître ce que les précurseurs de la Science moderne ont pensé du Monde, des corps qui le composent, des mouvements qui l'agitent, des forces qui l'entraînent », indique brièvement le but de l'ouvrage.

Autrefois, un discours préliminaire ou une introduction documentée aurait presque certainement résumé les grandes lignes du travail, tout en guidant le lecteur désireux et capable de refaire le long voyage entrepris par l'auteur. Ces préliminaires, sous la plume experte et si profondément érudite de M. Duhem, auraient éclairé l'horizon, fait jaillir le relief des principales étapes et entraîné le lecteur à goûter plus vivement la pensée grecque, à la fois si éloignée et si proche de nous. Mais peut-être n'y a-t-il là qu'une prudente et habile tactique, si l'on en juge par la lumineuse conclusion qui termine les *Origines de la Statique*, et l'on doit s'attendre pareillement, au dernier chapitre du Système du Monde, à une vue d'ensemble qui retracera magistralement l'évolution de la pensée humaine dans les limites envisagées ci-dessus.

Dans le passé, lorsque les ouvrages étaient relativement rares, une préface, habilement composée, engageait le lecteur à charmer ses loisirs par une patiente étude. Maintenant où, hélas, le temps manque presque toujours pour faire face à nos multiples préoccupations, on se contente trop souvent d'un aperçu général, lorsque celui-ci est parfaitement présenté dans l'Introduction ; à peine s'arrête-t-on, de ci, de là, sur quelques têtes de chapitre et on ignore le fond des choses, que l'on se borne à admirer sur la foi de l'auteur. Aujourd'hui, M. Duhem nous conduit à la terre promise par un chemin laborieux et hérissé de citations grecques et latines ; dès les premières pages, on verra toutefois qu'il ne faut ni s'en effrayer ni le regretter.

(1) Duhem (P.), Membre de l'Institut, Professeur à l'Université de Bordeaux : *Le Système du Monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. Tome I. — 1 vol. in-8 de 512 pages avec 11 figures. (Prix : 18 fr. 50). Hermann et fils, éditeurs. Paris, 1913.

I

Pythagore, Platon, Aristote sont, pour la plupart d'entre nous, les noms qui s'associent le plus intimement à la science hellène et auxquels nous rapportons le plus justement le fondement de nos connaissances. M. Duhem va faire ressortir nettement, dans ce premier volume, ce qui revient à chacun d'eux, puis il éclairera le rôle, parfois de premier plan, de leurs disciples, de leurs commentateurs et contradicteurs, pour arriver à Hipparque et Ptolémée, en qui s'incarnent, sous une forme pratique, les premières théories astronomiques.

« Les idées les plus fausses ont cours depuis longtemps sur les doctrines astronomiques de Pythagore et les efforts des érudits parviennent malaisément à troubler et à ralentir ce cours. Fréquemment, par exemple, on entend attribuer à Pythagore l'hypothèse qui explique le mouvement diurne des astres par la rotation de la Terre, alors que rien n'autorise à croire qu'il ait admis cette hypothèse..... Des polygraphes, des compilateurs que de longs siècles séparaient de Pythagore, nous ont rapporté, sans critique, tout ce que l'on contait de leur temps sur ce philosophe, transformé en une sorte de personnage légendaire ; et des historiens ont eu la naïveté d'accueillir ces propos comme s'ils venaient d'écrivains bien informés et dûment autorisés. »

M. Duhem réduit les apports scientifiques fondamentaux de Pythagore à leur juste mesure : « Il semble assuré en premier lieu que Pythagore enseignait que la Terre est sphérique et qu'elle est immobile au centre du Monde.

« Le premier, il paraît avoir discerné la loi du mouvement du Soleil..... Il aurait compris que le mouvement du Soleil pouvait se décomposer en deux rotations ; de ces deux rotations, la première, dirigée d'Orient en Occident, s'accomplit autour des mêmes pôles et dans le même temps que la rotation diurne des étoiles,..... la seconde a lieu d'Occident en Orient autour des pôles autres que ceux du mouvement diurne et elle est parfaite en un an... »

A-t-il fait la même découverte pour la Lune et les cinq planètes ? « Il est fort possible, répond M. Duhem, que l'Astronomie soit redevable à Pythagore de ce nouveau progrès..... Si ce progrès n'est pas l'œuvre même de Pythagore, il semble en tout cas qu'il ait été accompli de son temps et au sein des Ecoles de la Grande Grèce. »

Ce « bilan des connaissances astronomiques

que nous pouvons, avec quelque vraisemblance, attribuer au fondateur de l'Ecole italique et à ses premiers élèves, est beaucoup moins riche que celui qu'avaient dressé les historiens de la science, alors qu'ils recevaient, sans contrôle, les légendes les plus douteuses; en particulier, il ne permet aucunement de placer Pythagore au nombre des précurseurs de Copernic. »

C'est aux successeurs et disciples de Pythagore, Philolaüs, Hicetas, Ecphantus, que l'on doit, d'après quelques auteurs, et à tort selon M. Duhem, les premiers germes du Système de Copernic. Dans le Système de Copernic, la Terre est une planète qui tourne sur elle-même et autour du Soleil en même temps que les autres planètes, astres errants. Dès qu'un philosophe ancien exprime tout ou partie de ces idées, rotation de la Terre, mouvement héliocentrique, il est regardé par quelques-uns comme un précurseur de Copernic. Guidée par une critique pénétrante et la connaissance approfondie des textes, l'analyse de M. Duhem remet toutes choses au point, sans jamais cependant méconnaître la grandeur et l'importance des découvertes de l'Ecole italique, car, dit-il en terminant le chapitre premier consacré à l'Astronomie pythagoricienne : « Le peu que nous savons, toutefois, des systèmes élaborés par les Pythagoriciens pour rendre compte des mouvements célestes suffit à éveiller en nous l'étonnement et l'admiration.... sentiments qui ne cesseront de grandir tandis que nous continuerons à parcourir l'histoire de l'Astronomie grecque. »

II

Les Pythagoriciens, imbus d'idées arithmétiques, faisaient jouer à 10, nombre parfait, un rôle considérable, puisque, dit Aristote : « ils affirment que 10 est le nombre des corps qui sont mus dans le Ciel ». Platon, plus géomètre que physicien, accentuera encore le caractère mathématique de sa Cosmologie, en recourant, de préférence, aux ressources de la Géométrie pour pénétrer les secrets de l'Univers. S'il parvient justement à imprimer profondément la marque de son puissant esprit sur ce sujet si complexe, ce n'est pas toujours sans péril pour le lecteur, mis en garde ainsi par M. Duhem : « Au moment d'aborder la Cosmologie de Platon, on ne saurait se défendre d'un sentiment de crainte; on est également effrayé et par la hauteur de la pensée qu'il s'agit d'interpréter et par les obscurités qui, trop souvent, en embrument les contours... Donner, comme nous allons essayer de le faire, un exposé systématique et résumé de la Cosmologie platonicienne, c'est courir le très grand risque de fausser et de forcer la pensée du Maître en la fixant dans un cadre trop rigide et trop étroit; nous espérons, toutefois, n'en pas défigurer à l'excès les lignes essentielles ».

Une analyse forcément limitée risquerait encore davantage de trahir à la fois Platon et M. Duhem; nous allons donc simplement tenter d'éveiller la curiosité du lecteur par quelques citations :

« Dieu est bon; sa bonté exclut tout sentiment d'envie, cette bonté le pousse à créer toutes choses de telle sorte qu'elles lui ressemblent autant que possible... Comme Dieu, qui est l'être animé absolu, est unique, l'Univers, fait à l'image de Dieu, imite l'unité divine; il n'y a donc ni une infinité de Mondes, ni plusieurs Mondes; il n'y a, il n'y aura jamais qu'un seul Monde. »

Une relation géométrique conduit Platon aux quatre éléments fondamentaux ou essences principales : le feu, la terre, l'air et l'eau; il y ajoutera une cinquième essence, l'éther, conformément au nombre des polyèdres réguliers alors connus. « Dans le domaine de chacun de ces corps, se produisent des êtres animés nombreux et variés; chaque domaine a ses êtres particuliers. C'est ainsi, par exemple, qu'il existe des êtres vivants sur la Terre, tels que les plantes, les animaux et l'homme; ceux-là sont formés surtout de terre. Dans le domaine du feu, il faut admettre également l'existence d'êtres animés qui sont les astres et qui tombent sous le sens de la vue. Les êtres animés de ce genre sont, pour la plus grande partie, formés de feu, mais ils renferment en outre de petites parties de terre, d'air et de tous les autres éléments. C'est pourquoi ces êtres vivants sont différents les uns des autres et tombent sous le sens de la vue. Nous devons penser que les corps célestes sont des êtres animés de ce genre. »

Platon définit ainsi la pesanteur ou gravité : « On nomme gravité la tendance qui porte un corps [tel que la Terre placée au sein de l'air] vers l'ensemble des corps de même famille, pendant qu'il se meut, et lieu inférieur le lieu vers lequel ce corps se porte. » M. Duhem ajoute : Nous ne saurions remarquer avec trop d'attention cette interprétation de la gravité donnée par Platon. Aristote la combattra pour lui substituer sa théorie du lieu naturel qui, pendant de longs siècles, dominera toute la Mécanique des choses sublunaires. L'un des premiers efforts de la révolution copernicaine sera de remettre en faveur la théorie de la pesanteur proposée par Platon, de la modifier en l'étendant de la Terre aux divers astres et de ménager par là une sorte de transition

entre la théorie péripatéticienne du lieu naturel et la théorie newtonienne de l'attraction universelle. »

Nous passons sous silence la première discussion sur le plein et le vide et nous abrégeons l'exposé des conceptions de Platon sur la Physique pour arriver à son Astronomie, où prédomine également son instinct de géomètre.

« L'Univers étant formé des quatre éléments, le feu et la terre d'abord, puis l'air et l'eau qui les relient, Dieu lui a donné une figure ; la figure qu'il lui a donnée est la plus parfaite, celle qui est toujours et partout semblable à elle-même, partant la plus belle, celle de la sphère ; il a donc tourné le Monde en un globe exactement poli.

« A ce monde sphérique il a attribué le mouvement qui lui convenait le mieux... le mouvement de rotation sur lui-même qui convient à la figure sphérique. Ainsi fut donc formé un Ciel limité par deux sphères concentriques, destiné à se mouvoir du mouvement de rotation uniforme. »

Ces deux sphères concentriques conduisent à deux mouvements principaux du Ciel selon des vues théologiques ainsi exprimées : « La révolution du globe extérieur est la plus divine des deux ; elle est la tête des mouvements ; elle commande à tout ce qui existe autour de nous ; réunissant l'ensemble des corps, les dieux les lui ont livrés afin qu'ils en suivissent les lois. »

L'étude du mouvement des Astres errants porte principalement sur le Soleil, les difficultés relatives aux planètes ne sont naturellement pas élucidées, et c'est pour y parer que la *République* contient l'allégorie du fuseau de la nécessité qui sera commentée par les disciples du philosophe.

Les idées de temps, lieu, espace ont profondément agité l'esprit des premiers penseurs. Nous les verrons longuement discutées et exposées par Aristote et ses disciples.

La peinture de la création des Astres dans le *Timée* « évoque le souvenir du récit analogue qu'on lit en la Genèse : Le Monde mobile et vivant était formé à l'image des Dieux éternels ; le Père qui l'avait créé, en ayant pris connaissance, admira son œuvre et, en sa joie, il conçut le dessein de le rendre plus semblable encore à son modèle... En même temps donc qu'il met de l'ordre dans le Ciel, il y produit, de l'éternité qui persiste immobile dans l'unité, une image qui marche sans fin suivant un nombre perpétuel, et c'est cela que nous avons appelé le temps. Car les jours, les nuits, les mois, les années n'étaient pas avant que le Ciel fût né et ce fut en organisant le Ciel que Dieu même fabriqua leur naissance. »

Indépendamment des révolutions périodiques des diverses planètes, on peut considérer une durée telle qu'à la fin les sept astres errants occupent, dans le Ciel, par rapport aux étoiles fixes, des positions rigoureusement identiques à celles du début. Cette durée, c'est la Grande Année des Anciens ; on l'a aussi appelée l'Année platonicienne, malgré qu'elle fût, d'après M. Duhem, connue bien avant Platon. Effectivement, « en beaucoup de très anciennes philosophies on rencontre cette croyance que l'Univers est un être périodique ; qu'au bout d'un temps suffisamment long, il reprendra exactement son état initial et qu'alors il recommencera à vivre une seconde phase identique à la première ; que cette phase en précédera une troisième toute semblable, et ainsi sans fin. La Grande Année représente en une telle doctrine la durée de chacune des périodes dont la succession constitue l'existence perpétuelle de l'Univers ; la détermination de cette durée prend alors une importance sans égale. »

C'est dans l'Inde, très probablement, que l'idée de périodicité de l'Univers, de la Grande Année, prit naissance. D'autres peuples antérieurs aux Grecs, « les Chaldéens, admettaient, eux aussi, que le Monde était alternativement et d'une manière périodique inondé et brulé ; la période selon laquelle ces phénomènes se reproduisaient était celle qui ramenait tous les astres errants à occuper une même position par rapport au Ciel des étoiles fixes ».

La Grande Année a vivement préoccupé les anciens philosophes. M. Duhem, après l'avoir décrite dans la Cosmologie de Platon, y revient de nouveau avec beaucoup de détails dans les théories du temps, du lieu et du vide après Aristote.

La durée de la Grande Année, de l'Année parfaite, de l'Année du Monde est très variable selon les auteurs : « Héraclite la compose de dix-huit mille années solaires ; Diogène le Stoïque l'évalue à trois cent soixante-cinq années dont chacune est aussi longue que l'Année considérée par Héraclite...

« Il y a encore l'année qu'Aristote appelle très grande plutôt que grande et qui est formée par les révolutions du Soleil, de la Lune et des cinq étoiles errantes, lorsque tous ces astres sont revenus à la fois au point céleste d'où ils étaient partis ensemble. Cette année a un grand hiver appelé par les Grecs *inondation* et par les Latins *diluvium* ; elle a aussi un été que les Grecs nomment *incendie* du Monde. Le Monde, en effet,

doit être tour à tour inondé ou embrasé à chacune de ces époques. Cette année-là, d'après l'opinion d'Aristarque, se compose de deux mille quatre cent quatre-vingt-quatre années solaires... »

Cette idée de Grande Année, de périodicité de la vie de l'Univers, amène immédiatement cette question :

« Lorsqu'au commencement d'une Grande Année, on voit reparaître des choses toutes semblables à celles qui sont nées au commencement de la Grande Année précédente, doit-on penser que ces choses semblables sont numériquement identiques les unes aux autres? Doit-on croire seulement qu'elles sont de même espèce ? »

On imagine sans peine que les deux opinions ont été soutenues par des philosophes également autorisés.

Platon croyait « à l'identité numérique entre les êtres régénérés et les êtres qui avaient précédemment existé » ; les Stoïciens « pensaient, comme Platon, que les mêmes âmes reprendraient un jour possession des mêmes corps »... « Zénon déclare qu'après l'embrasement les mêmes hommes s'adonneront aux mêmes besognes, je veux dire qu'Anytus et Melytus feront encore des réquisitoires, que Bousiris recommencera à tuer ses hôtes, qu'Hercule de nouveau exécutera des travaux athlétiques. »

Porphyre est l'un des principaux philosophes n'admettant pas pleinement la métempsychose éternelle, la réincarnation des âmes une infinité de fois.

La philosophie chrétienne repoussa la thèse de la Grande Année, de la périodicité de l'éternité de l'Univers; le lecteur suivra néanmoins avec un très vif intérêt l'exposé de M. Duhem sur cette théorie admise sans objection par le Paganisme.

Cette phrase du *Timée* : « Dieu enfin a fabriqué la Terre, notre nourrice; elle est enroulée autour de l'axe qui traverse l'Univers de part en part; elle est la gardienne et la productrice du jour et de la nuit; parmi les dieux qui sont dans le Ciel, elle est le plus ancien », a provoqué de longues discussions pour attribuer, ou non, à Platon le mouvement de rotation de la Terre comme explication du mouvement diurne. Les textes bien compris, d'après M. Duhem, inclineraient plutôt à faire croire que la Terre « demeure immobile » dans l'esprit de Platon.

Il ne semble donc pas que le grand philosophe ait ajouté, aux connaissances ou hypothèses astronomiques de ses prédécesseurs, des découvertes tout à fait essentielles. C'est plutôt dans ses écrits et dans son enseignement qu'il exerce « une profonde et durable influence » en faveur des études de l'Astronomie, car il montre mieux que personne « comment l'Astronomie doit être étudiée et enseignée si l'on veut que cette étude et cet enseignement soient utiles à la Cité ».

En définissant successivement l'Astronomie selon les divers degrés de la connaissance, Platon aboutit à cette conclusion suprême que le véritable but de cette science est l'étude de Dieu : « Préparé par l'étude des réalités permanentes, le véritable astronome devient, en quelque mesure, participant de la Raison divine; il accède à l'Intelligence qui lui révèle une troisième et suprême Astronomie, l'Astronomie théologique... Voilà pourquoi le jeune homme doit étudier les théories les plus élevées de l'Arithmétique, de la Géométrie, de l'Astronomie; en ruinant les préjugés de l'Astronomie d'observation, en leur substituant les lois exactes et éternelles des mouvements des astres, l'Astronomie véritable l'empêche de porter sur les Dieux du Ciel des jugements faux et sacrilèges qui seraient néfastes à la Cité. »

III

Platon avait posé, aux mathématiciens, ce problème :

« Quels sont les mouvements circulaires et parfaitement réguliers qu'il convient de prendre pour hypothèses, afin que l'on puisse *sauver les apparences* présentées par les astres errants ? ».

Or, comme Platon plaçait la Terre au centre des circulations célestes, qu'il la supposait immobile, le problème ci-dessus pouvait encore se formuler ainsi : « Emboîter les uns dans les autres plusieurs globes sphériques concentriques ; animer chacun d'eux d'une rotation uniforme autour d'un axe convenablement choisi; supposer que le mouvement de l'orbe intérieur se compose avec les mouvements de ceux qui l'entourent; combiner enfin ces mouvements de telle sorte que la marche résultante d'un astre fixé à l'orbe le plus voisin du centre représente le mouvement apparent de la planète observée. C'est sous cette forme que le problème astronomique donnera naissance aux divers systèmes de *sphères homocentriques*. »

« Le premier des Grecs qui tenta la solution du problème posé par Platon fut Eudoxe de Cnide », nous dit Simplicius.

La théorie des sphères homocentriques est fort compliquée; elle fut appliquée à la Lune, au Soleil et aux diverses planètes. Nous mentionnerons seulement, à ce propos, la connaissance, déjà très exacte, des révolutions synodiques des diverses planètes et de la durée des

saisons. La finale de ce chapitre mérite spécialement d'être reproduite :

« L'attribution du titre de Créateur de la méthode des sciences physiques a donné lieu à bien des querelles ; les uns ont voulu le donner à Galilée, les autres à Descartes, d'autres encore à François Bacon, qui est mort sans avoir jamais rien compris à cette méthode. En vérité, la méthode des sciences physiques a été définie par Platon et par les Pythagoriciens de son temps avec une netteté, une précision qui n'ont pas été surpassées ; elle a été appliquée pour la première fois par Eudoxe lorsqu'il a tenté, en combinant les rotations de sphères homocentriques, de sauver les mouvements apparents des astres. »

Et cependant « le système des sphères homocentriques était condamné dans son principe au moment où Eudoxe et Calippe s'efforçaient de le constituer ; on savait déjà que plusieurs astres errants avaient des diamètres apparents variables ; on savait donc que ces astres ne demeurent pas toujours à la même distance de la Terre, qu'ils ne sont pas enchâssés dans des sphères solides ayant pour centre le centre de la Terre. Ce système, contredit par les faits dans la proposition même qui le domine tout entier, n'en trouvera pas moins des défenseurs pendant deux mille ans parce qu'il s'accorde seul avec la Physique d'Aristote et parce que, pendant deux mille ans, et plus, *il y aura des hommes pour mettre la parole d'Aristote au-dessus du témoignage de leurs yeux* ».

IV

Le chapitre IV, *Physique d'Aristote*, explique comment s'est imposée cette autorité tyrannique du célèbre philosophe. Pour la plupart des lecteurs privés des facilités de lire Aristote, cette partie de l'Ouvrage sera peut-être la plus inédite et celle qui sollicitera le plus vivement l'attention. M. Duhem excelle à faire ressortir l'esprit du Maître ; il faudra lire et relire ces commentaires de l'auteur associés aux citations directes.

« C'est la perception sensible, au gré d'Aristote, qui, seule, imprime la marque de la certitude en la conclusion à laquelle aboutit le raisonnement du physicien ; pour Platon, au contraire, les apparences manifestées par les sens étaient incapables de certitude ; seules pouvaient être tenues pour vraies les propositions que le géomètre leur substituait. Lorsque le mathématicien, à l'aide d'une théorie, sauve les apparences, Platon pensait qu'il laisse découler jusqu'à ces apparences quelque chose de la certitude dont la méthode géométrique est capable ; Aristote croit, au contraire, qu'il fait remonter jusqu'à sa théorie une part de la vérité que les sens ont directement saisie. »

Aussi, en toutes circonstances, Aristote attaque « l'opinion que Platon professait au sujet des Mathématiques ».

« Les pages qui composent ce chapitre [IV] n'exposent pas toute la Physique d'Aristote ; elles n'en exposent même pas, tant s'en faut, toutes les doctrines essentielles ; presque seules y ont été résumées les théories qui interviendront constamment dans les débats relatifs aux divers systèmes astronomiques.

« Si incomplet cependant que soit cet exposé, il suffira peut-être à donner au lecteur une impression de ce qu'a été la philosophie péripatéticienne. L'humanité n'a jamais vu aucune synthèse dont l'ensemble ait autant d'unité, dont les diverses parties fussent aussi intimement reliées les unes aux autres. La partie logique de l'Œuvre d'Aristote étudie, avec une puissance de pénétration et une délicatesse d'analyse que l'on n'a pas dépassées, les règles selon lesquelles la Science doit être construite ; puis, selon ces règles, le reste de l'Œuvre du Stagirite bâtit le prodigieux édifice où trouvent place les doctrines spéculatives : Mathématiques, Physique et Métaphysique ; et les doctrines pratiques : Ethique, Economique et Politique. Le monument a l'inébranlable solidité d'un bloc et la pureté de lignes de la plus belle œuvre d'Art.

« De la Physique d'Aristote, cependant, il ne restera pas pierre sur pierre... »

Mais, en l'envisageant à son véritable point de vue, M. Duhem peut encore ajouter avec raison : « La Physique d'Aristote est l'un des plus étonnants systèmes que la raison humaine ait jamais construits ; à toutes les questions que les Anciens avaient accoutumé de poser sur les Cieux, sur leurs mouvements, sur les éléments, sur leurs transformations, elle donnait des réponses, les plus précises et les plus complètes qui eussent été formulées jusqu'alors, et toutes ces réponses, elle les coordonnait logiquement en une théorie auprès de laquelle toutes les doctrines précédentes semblaient de simples ébauches. »

V

Les chapitres V et VI : *Les théories du temps, du lieu et du vide après Aristote ; La dynamique des Hellènes après Aristote*, exposent clairement et avec détails les commentaires et les travaux des successeurs d'Aristote sur les idées principales de sa Physique rappelées ci-dessus.

Nous citerons seulement la suggestion finale du chapitre VI : « Au sujet de la chute des graves,

la vérité n'était aucunement apparue aux philosophes grecs..... Au sujet des deux autres problèmes qui les ont préoccupés, du mouvement des corps dans le vide et du mouvement des projectiles, ils ne sont pas demeurés dans une ignorance complète. Sans doute, la Physique péripatéticienne, qui, en d'autres circonstances, a eu de si pénétrantes et si prophétiques intuitions, s'est égarée, ici, dans des erreurs grossières. Nulle part, les méprises qui viciaient certains de ses principes n'ont produit des conséquences plus contraires aux enseignements de l'expérience. Nulle part, non plus, elle n'exercera une plus durable et plus pernicieuse influence; le joug de la Dynamique aristotélicienne est un de ceux que la science moderne aura le plus de peine à secouer. Cependant, hors des écoles péripatéticiennes, il s'est trouvé des mécaniciens hellènes pour formuler, au sujet du mouvement des corps, dans le vide ou en milieu plein, des principes sensés. Ces principes, c'est dans les écrits de Jean Philopon, et là seulement, que nous en trouvons l'énoncé formel.

« De ces principes, Philopon était-il l'inventeur? Si oui, Jean d'Alexandrie, dit le Chrétien, mériterait d'être compté au nombre des grands génies de l'Antiquité, d'être célébré comme un des principaux précurseurs de la science moderne... »

Nous arrivons aux *Astronomies héliocentriques* (chapitre VII).

« Platon avait formulé, de la manière la plus précise et la plus générale, le problème de l'Astronomie, tel qu'il a été compris jusqu'à Képler. Il faut, disait-il, prendre pour hypothèses un certain nombre de mouvements circulaires et uniformes, et ces mouvements, il faut les choisir de telle sorte que leur composition sauve le cours apparent des astres. »

En conséquence, « Eudoxe et Calippe avaient construit le système astronomique des sphères homocentriques, et Aristote, impliquant cette Astronomie dans sa Physique, avait constitué une doctrine cosmologique d'une grandiose unité. Et cependant, l'Astronomie des sphères homocentriques ne résolvait pas, ne pouvait pas résoudre le problème posé par Platon; elle ne sauvait pas, elle était condamnée à ne jamais sauver la totalité des apparences célestes ».

C'est Héraclide du Pont qui, en rejetant la doctrine des sphères homocentriques, proposa des hypothèses astronomiques nouvelles, lesquelles « dessinaient la première esquisse du système de Copernic ». Il apparaît, en effet, qu'Héraclide doit être rangé, sans contestation possible, au nombre de ceux qui expliquaient le mouvement diurne en maintenant immobile le ciel des étoiles fixes et en attribuant à la Terre, autour de l'Axe du Monde, une rotation uniforme d'Occident en Orient.

L'Astronomie héliocentrique, après avoir rallié quelques philosophes, dont Aristarque de Samos, fut ensuite abandonnée. « Après Seleucus, nous ne trouvons plus personne, durant l'Antiquité gréco-romaine, qui ait tenu pour l'hypothèse héliocentrique; cette hypothèse semble être tombée dans un profond oubli d'où nul, avant Copernic, n'a essayé de la tirer. »

Outre une analyse délicate des textes, signalons encore, dans ce chapitre VII, que la rotation diurne, si fatale à Galilée, faillit également faire condamner Aristarque pour crime d'impiété, sur les instigations de Cléanthe. Il est au moins à propos et curieux de rapporter ici cette opinion de Paul Tannery, sur la condamnation de Galilée : « Si les partisans des anciennes doctrines purent le faire condamner par l'Eglise, les dogmes chrétiens ne lui opposaient en réalité aucun obstacle; il eût probablement couru des dangers beaucoup plus sérieux s'il avait eu à lutter contre les superstitions astrolatriques de l'Antiquité. »

Après cet examen des doctrines héliocentriques, M. Duhem ajoute : « Entre le physicien qui demande à la Cosmologie d'Aristote de lui faire connaître les mouvements réels, et l'astronome soucieux de sauver minutieusement les mouvements apparents par les hypothèses qui supportent le système des excentriques et des épicycles, nous verrons s'engager un combat singulier; à travers l'Antiquité hellénique, le moyen âge islamique et le moyen âge chrétien, ce combat se prolongera jusqu'au milieu du XVIe siècle; mais, au cours de ce long débat, ni l'un ni l'autre des adversaires n'aura cure de l'Astronomie héliocentrique. »

VI

Nous avons dit plus haut comment le système des sphères homocentriques avait échoué. D'autre part, « le système héliocentrique sauvait de plus heureuse façon certaines des apparences qui échappaient aux représentations du système des sphères homocentriques; mais, comme une plante qui aurait germé trop tôt, il a disparu avant de s'être développé, pour ne reparaître que dans les temps modernes. Le problème que Platon et les Pythagoriciens ont posé aux géomètres et aux astronomes va recevoir une troisième solution; plus heureuse que les deux autres, cette solution, perfectionnée par des retouches

plusieurs fois séculaires, semblera donner satisfaction aux désirs que ce problème formulait; par des combinaisons de mouvements circulaires et uniformes, elle sauvera les apparences avec une exactitude dont calculateurs et observateurs se contenteront pendant de longs siècles.

Cette solution est celle qui fait usage de mouvements circulaires excentriques à la Terre et aussi de mouvements épicycles.

« L'histoire des efforts qui ont constitué le système astronomique des excentriques et des épicycles peut se partager en trois périodes (chap. VIII).

« La première période comprend les tentatives qui ont précédé Hipparque.

« La seconde embrasse les travaux d'Hipparque et ceux, beaucoup moins importants, des astronomes qui se sont succédé d'Hipparque à Ptolémée.

« La troisième retrace l'Œuvre de Ptolémée. »

Les hypothèses de l'excentrique et de l'épicycle, dues aux astronomes géomètres qui en prouvèrent eux-mêmes l'équivalence, peuvent aussi découler de l'hypothèse du mouvement héliocentrique; c'est du moins l'opinion habilement motivée de M. Duhem.

Hipparque compléta et précisa les théories des excentriques et des épicycles de ses prédécesseurs, de telle sorte que Ptolémée dira de lui : « J'estime qu'Hipparque s'est montré très fidèle ami de la vérité en toutes choses... ».

L'Œuvre de Ptolémée suggère à M. Duhem ces lignes remarquables : « Dans toutes les tentatives de ses prédécesseurs, mettre l'ordre et l'unité; reprendre sur de nouveaux frais et conduire jusqu'à l'achèvement les essais qui n'avaient été qu'ébauchés; construire ainsi un système logiquement agencé où la science astronomique tout entière se trouvât exposée : tel est le but que le géomètre de Péluse fixe à ses efforts; il l'atteint aussi *parfaitement* qu'il est donné à l'esprit humain de *réaliser un idéal*...

« Du IIe siècle de notre ère au XVIe siècle, les doctrines de Ptolémée ont fait régner l'ordre dans la science astronomique; ordre provisoire, il est vrai, auquel la théorie de la gravitation universelle devait un jour substituer une classification différente et singulièrement plus parfaite; mais ordre indispensable, sans lequel la classification définitive ne fût, peut-être, jamais parvenue à s'établir. ».

Rapportons encore, pour l'édification définitive du lecteur, cette pensée platonicienne de Ptolémée sur l'étude de l'Astronomie : « Mieux que toute autre occupation, elle prépare des hommes qui sachent, dans la pratique et dans les mœurs, discerner ce qui est beau et ce qui est bien; par la contemplation de la constante similitude que présentent les choses célestes, de la parfaite ordonnance, de la symétrie, de la simplicité qui y règnent, elle rend aimables les objets où se rencontre cette même beauté divine; elle habitue l'âme à acquérir une constitution qui leur ressemble et, pour ainsi dire, elle lui rend naturelle cette constitution ».

Si long que soit cet exposé des principales questions abordées par M. Duhem, il est fort au-dessous du sujet; le lecteur nous excusera de lui-même lorsqu'il aura pris et gardé contact avec l'Œuvre si riche et si variée de M. Duhem, et nul doute qu'il n'attende avec impatience les volumes suivants. Souhaitons que MM. Hermann accordent à ceux-ci les mêmes soins qu'au premier et associons, aux sentiments de gratitude que nous leur devons, ceux dont « la bienveillance permit à cet écrit de voir le jour », MM. Darboux et Ch. Bayet.

A. Lebeuf,
Correspondant de l'Institut,
Directeur de l'Observatoire de Besançon

LE TREMBLEMENT DE TERRE DE LA MARSIQUE (Italie centrale)

DU 13 JANVIER 1915

Le 13 janvier dernier, à 7 h. 53 du matin, un terrible tremblement de terre a secoué et ravagé une riche et florissante région italienne, la Marsique, dans la partie méridionale des Abruzzes aquiléennes, et les localités voisines des vallées du Salto, du Latium et du Liri. Le désastre a eu de terribles conséquences : il a causé le complet effondrement d'une quantité de petites villes, de bourgs et de villages, et la mort d'un très grand nombre de personnes. L'étendue du cataclysme et des circonstances météorologiques défavorables : pluie et neige abondantes, ont rendu les secours pénibles et difficiles.

Depuis quelques semaines, on a commencé à recueillir, à coordonner et à discuter les observations scientifiques faites sur les particularités de ce terrible phénomène. C'est d'après les observations préliminaires de plusieurs savants du Bureau météorologique et géodynamique de Rome, dirigé par M. Palazzo, qu'a été rédigée la notice qui suit.

Si l'on essaie de tracer les courbes isosismiques de la secousse principale, on voit que l'aire la plus frappée (fig. 1) renferme les terrains alluviaux du lac desséché de Fucino, et embrasse une zone éminemment sédimentaire et d'origine

Fig. 1. — *Zone d'intensité maximum du séisme du 13 janvier 1915.*

karstique. Cela exclut toute cause volcanique du tremblement de terre; il est probable, au contraire, que ce dernier est dû à une soudaine

Fig. 2. — *Ruines d'Avezzano : les restes de la Banque de Naples.*

modification des stratifications profondes de la croûte terrestre. La région de la Marsique, où se trouve l'épicentre du tremblement de terre, quoique ayant un caractère sismique, n'avait pas été jusqu'ici le théâtre de bouleversements catastrophiques.

Le phénomène actuel, ajoute M. Martinelli, a eu d'ailleurs une sorte de prévision scientifique. En effet, M. Omori, dans une étude sur les grands tremblements de terre italiens de 1638 à 1908, en Sicile, en Calabre et dans l'Italie centrale, arrive, par l'examen des aires frappées, à la conclusion que les tremblements de terre suivent une ligne déterminée et qu'une aire où un tremblement de terre se produit ne coïncide jamais avec celle d'un tremblement précédent. Or, dans une carte tracée par l'illustre sismologue japonais

pour l'Italie méridionale (fig. 3), on remarque que l'aire destructive du tremblement de terre du 13 janvier se trouve sur cette ligne et ne coïncide avec aucune autre localité sismique. Toutefois M. Martinelli, qui a relevé avec une grande précision l'histoire sismique des régions traversées par la ligne axiale de M. Omori, pense qu'il s'agit d'une simple et curieuse coïncidence; en effet, en traçant cette ligne, M. Omori n'a pas considéré d'autres tremblements de terre importants, qui en auraient déplacé la direction.

Le sismogramme recueilli par le sismographe à pendules horizontaux de M. Agamennone est remarquable par son amplitude; l'appareil enregistreur du Collège Romain, sans la présence de vis latérales d'arrêt, aurait été mis hors d'action par la secousse, comme il est arrivé au sismographe de l'Observatoire de Rocca di Papa. Par la violence de la secousse, le grand sismographe de Strasbourg fut démonté; et le passage des ondes sismiques se trouva enregistré par tous les appareils sismographiques sensibles du monde, jusqu'au Japon, en Australie et au Canada.

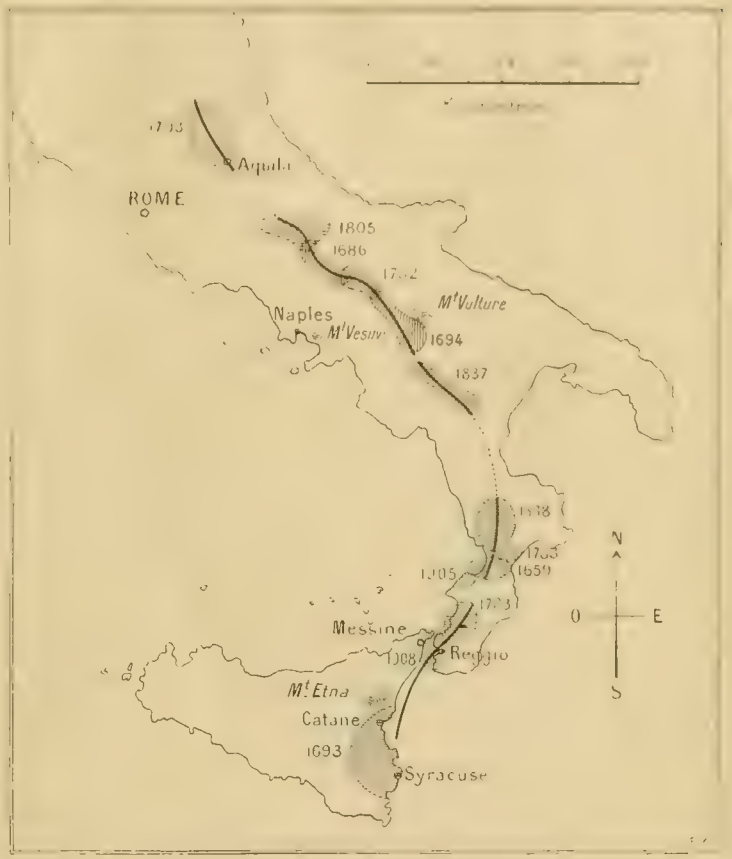


Fig. 3. — *Répartition des tremblements de terre italiens sur une ligne déterminée, d'après M. Omori.*

Le sismogramme que nous reproduisons ici (fig. 4) est celui qui a été tracé par un pendule bifilaire à l'Observatoire sismologique de Cartuja à Grenade; on aperçoit en P et en S le commencement des tremblements préliminaires.

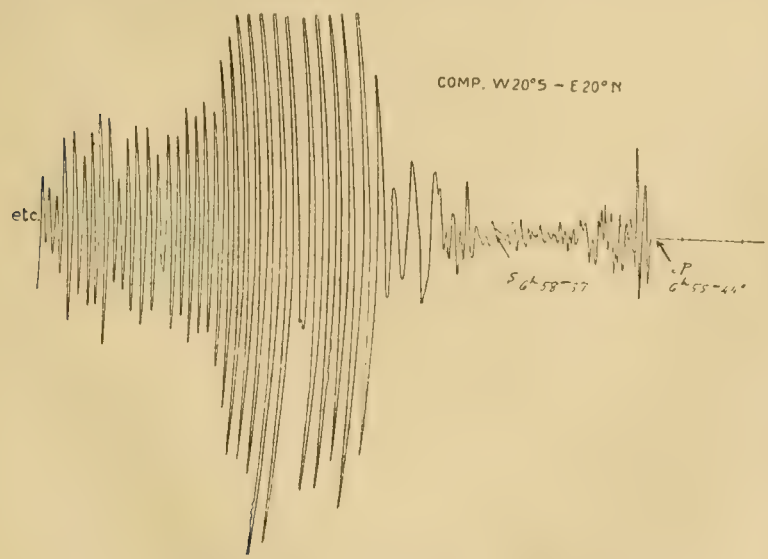


Fig. 4. — *Sismogramme du tremblement de terre du 13 janvier 1915, recueilli à l'Observatoire sismologique de Cartuja, à Grenade*

La secousse a commencé exactement à 7 h. 52′ 55″, dans la direction E-6°-N, direction qui va de Rome à la région frappée par le désastre. Dans la journée et dans les jours suivants, on eut à signaler plusieurs petites répliques du phénomène. Pour ce qui touche aux répliques, M. Agamennone a pu relever sur les appareils de l'Observatoire géodynamique de Rocca di Papa, jusqu'au 6 février, 750 secousses qui se suivaient quelquefois à la distance de moins d'une minute, et qui décelaient l'état de convulsion continue du sol dans l'aire épicentrale.

La position de l'épicentre du tremblement de terre n'a pu être encore exactement établie; cette incertitude et l'énormité des dégâts dans la vallée du Liri ont conduit M. Agamennone à supposer l'existence de deux centres sismiques séparés, au lieu d'un centre unique, qui seraient entrés en action, ou ensemble au même

instant, ou immédiatement l'un après l'autre, comme il arrive pour les tremblements de terre dits « à relais ». Il se pourrait même que l'épicentre ait eu une forme linéaire de longueur considérable, et que, pour des raisons de nature géologique, les dégâts se soient manifestés en deux localités très éloignées.

Des recherches préliminaires exécutées par M. Oddone sur les lieux du désastre, relativement aux particularités des ondes sismiques, à leur transmission, vitesse, hauteur, etc., il semble que l'on puisse déduire déjà que la période complète des ondes a été de $0^s,7$; la longueur des ondes, de sommet à sommet, serait de 20 m., avec une hauteur de 20 cm. La vitesse moyenne de transmission, d'après M. Agamennone, aurait été de 7.690 mètres à la seconde. Le mouvement de houle du terrain a causé la destruction des murs des édifices, ruine qui est devenue plus grave encore à cause d'autres mouvements tourbillonnaires dus à la combinaison des vibrations longitudinales et transversales arrivant des profondeurs de l'hypocentre à l'épicentre sur la surface du sol.

Le nombre des victimes du tremblement de terre du 13 janvier semble être supérieur à 25.000. La plus grande partie des pays, bourgs et villages se sont effondrés, se réduisant en énormes tas de ruines, parmi lesquelles on a procédé, en bravant de grands dangers et avec une belle abnégation, au sauvetage des ensevelis. Une des villes où les secousses ont le plus complètement accompli leur œuvre de destruction est celle d'Avezzano, comme le montrent les deux photographies ci-jointes (fig. 2 et 5); sur une population de 13.000 habitants, 2.300 seulement ont réussi à se sauver. On a pu retirer encore vivantes plusieurs personnes après un long séjour sous terre; le cas le plus extraordinaire est celui d'un paysan qui, ayant trouvé un refuge sous un arceau de son étable effondrée, a vécu *vingt-cinq jours* en se nourrissant seulement d'un peu d'eau qui suintait à travers les ruines — et il est sorti de sa prison en assez bonne condition!

Fig. 5. — *Ruines d'Avezzano : le palais Torlonia.*

L'effroyable désastre qui a anéanti une des plus artistiques et laborieuses régions italiennes a provoqué partout les plus chaleureuses manifestations de sympathie pour notre pays si douloureusement éprouvé; devant l'immensité de ce malheur, Gouvernement et citoyens d'Italie se sont trouvés unis dans un noble élan de charité, pour secourir les victimes de cette nouvelle calamité, et pour assurer le retour à la vie et l'avenir des localités détruites.

Ernesto Mancini,
Secrétaire de la Présidence
de l'Académie Royale des Lincei.

LA CHRONOMÉTRIE A L'EXPOSITION DE BERNE

Au moment où la guerre éclatait, l'Exposition nationale suisse de Berne battait son plein. Cette intéressante manifestation de l'activité industrielle, commerciale et scientifique de nos voisins se poursuivit du reste sans anicroche jusqu'à son terme normal.

C'est seulement le lundi 2 novembre que l'Exposition fermait officiellement ses portes, et ce jour-là ses contrôles ont accusé le chiffre fort remarquable de 32.886 entrées, très supérieur à la moyenne. Le nombre total des entrées pour les six mois a été en effet de 3.196.025.

Parmi les sections qui ont été visitées, sinon par le plus de monde, du moins avec le plus d'intérêt, il faut citer celle de l'horlogerie.

Bien que le nombre des exposants de cette section ait été plutôt restreint — il y en avait seulement une centaine, alors que la Chaux-de-Fonds, à elle seule, compte plus de 300 fabricants de montres ! — comme dans ce nombre figuraient les maisons les plus notables, l'ensemble donnait une idée tout à fait adéquate de ce qu'est aujourd'hui la fabrication suisse.

I

Pour juger de l'importance de cette fabrication, il faut se reporter aux tableaux statistiques annuels fournis par le Gouvernement fédéral. Les derniers de ces tableaux sont ceux publiés dans le premier trimestre de 1914 et qui se réfèrent à l'année 1913. Ils accusaient une exportation totale de plus de 183 millions de francs, chiffre supérieur de près de 10 millions à celui de 1912, qui lui-même était déjà un record. Dans le courant de cet exercice financier, il était sorti de Suisse près de *14 millions* de montres ou mouvements finis, représentant ensemble plus de 160 millions et demi de francs.

Les principaux clients de la Suisse ont été en 1913 :

L'Allemagne, qui a acheté pour près de	35	millions	
La Grande-Bretagne qui a acheté pour près de	32	—	
La Russie pour plus de	18	—	
L'Autriche-Hongrie pour plus de	15	—	
L'Italie pour plus de	13	—	
Les Etats-Unis pour près de	10	—	1/2
La France venait ensuite avec un achat de plus de	6	—	

Ces chiffres démontrent avec une suffisante éloquence que l'industrie horlogère est une des industries capitales de nos voisins d'outre-Jura. Au point de vue exportation, elle occupe même le premier rang[1].

On sait que la Suisse fabrique tous les genres de montres, depuis celles qui se vendent le meilleur marché jusqu'aux pièces de haute précision et aux mouvements les plus chargés de complications. L'Exposition de Berne présentait de nombreux et excellents échantillons de tous ces types.

Elle avait, d'autre part, groupé dans un pavillon voisin, celui de l'enseignement technique, les travaux de ses diverses écoles d'horlogerie, de sorte que le visiteur pouvait se rendre compte facilement et de la puissance de l'industrie et des efforts réalisés par les pouvoirs publics en vue d'assurer le recrutement de l'état-major de cette industrie.

M. Fallet-Scheurer estimait, dans un ouvrage récent, à 57.000 le nombre des personnes travaillant en Suisse dans l'horlogerie. Sur ce nombre 40.000 sont occupées dans les seuls cantons de Berne et Neuchâtel, 6.000 environ dans celui de Soleure et un peu plus de 5.000 dans celui de Vaud. Genève ne compte que 2.000 horlogers[2].

Pour donner l'instruction professionnelle à ceux qui doivent jouer le rôle des cadres dans cette armée, la Confédération a créé 10 écoles professionnelles d'horlogerie, instruisant bon an mal an 450 à 500 élèves en tout.

Il existe trois de ces établissements dans le canton de Berne : à Bienne, à Saint-Imier et à Porrentruy ; quatre dans le canton de Neuchâtel : à Neuchâtel, à la Chaux-de-Fonds, au Locle et à Fleurier ; un à Soleure, un à Genève, et un au Chenit, dans la vallée de Joux (Vaud).

Parmi les plus fréquentées de ces Ecoles figurent au premier rang la Chaux-de-Fonds, Le

1. Voici les prix moyens d'exportation des divers types de montres en 1913 : Métal : 5 fr. 22 ; Argent : 11 fr. 70 ; Or : 54 fr. 41 ; Chronographes, répétitions, podomètres : 80 fr. 31. Sauf le dernier, ces prix sont en baisse sur ceux de 1912. Le chiffre relatif à la montre de métal est le plus bas qui ait encore été enregistré. Les statistiques nous apprennent qu'il est sorti de Suisse pendant l'année qui nous occupe 46.052 montres ou mouvements de toute sorte par jour ouvrable.

Le premier semestre de 1914 faisait prévoir une année aussi heureuse que 1913. Malheureusement, la guerre européenne est venue frapper durement la fabrique suisse.

2. Les villes suisses les plus peuplées en horlogers sont la Chaux-de-Fonds qui en compte près de 8.500, Bienne avec 4.000, Le Locle avec 3.000, Saint-Imier et Granges près Soleure, chacune avec 2.300, Genève avec 1.900, Tramelan avec 1.500, Langendorf avec 1.100, Porrentruy avec 1.000. Toutes ces villes se trouvent réparties sur un croissant dont les deux pointes seraient Genève et Schaffhouse.

Locle et Genève, qui comptent chacune environ 80 élèves en moyenne[1].

Toutes ces écoles sont largement subventionnées par les trois pouvoirs fédéral, cantonal et communal, qui se partagent à peu près par tiers les charges des établissements, dont l'administration est confiée à des conseils composés d'industriels connus et compétents. Le contrôle officiel de l'emploi des fonds est très rigoureux.

Si l'on totalisait les subventions accordées aux 10 établissements, on trouverait que chaque élève revient à la Confédération à environ 1.000 francs par an. Ce chiffre peut sembler élevé, mais il se justifie facilement en mettant en regard du sacrifice budgétaire le produit en exportation, qui s'est élevé en 1913 à plus de 3.000 francs pour chacun des 57.000 horlogers suisses.

Les programmes de ces écoles ne sont pas uniformes. Chaque établissement s'inspire, pour la rédaction de ceux qui lui sont propres, des intérêts particuliers de la région qu'il dessert. C'est ainsi que l'école de la Vallée de Joux se propose essentiellement de former de bons praticiens pour la pièce compliquée, spécialité de la région, que Genève ne forme pas de techniciens-horlogers[2], tandis que la Chaux-de-Fonds, Le Locle et Neuchâtel font à la fois des praticiens et des techniciens. C'est ainsi qu'à Genève tout l'enseignement théorique est donné par un seul et unique professeur, alors que, au Locle et à la Chaux-de-Fonds, par exemple, chaque faculté a son professeur spécial. C'est ainsi encore que, ici, le cycle de l'enseignement est constitué par une série de classes dans chacune desquelles l'élève peut demeurer plus ou moins longtemps suivant ses aptitudes et son intelligence, tandis qu'ailleurs chaque élève est obligé de rester le même temps dans la même classe[3].

Les caractères distinctifs de chaque établissement s'accusaient naturellement dans leurs expositions respectives qui, toutes, comprenaient des dessins et des appareils construits. Parmi ces appareils il y avait beaucoup de pièces de démonstration : engrenages, échappements, etc., servant à l'enseignement et permettant, beaucoup mieux que le froid dessin, de se rendre compte des qualités des organes chronométriques et des défauts dont il convient de se défier. La mobilité de certaines pièces de ces modèles, en permettant d'introduire des défauts dans les relations des parties constituantes, montre d'une façon lumineuse aux intelligences les moins vives et les plus endormies la raison d'être des profils recommandés par l'expérience, dans un art où les règles générales de la Mécanique sont souvent inapplicables dans leur rigidité.

1. Ce chiffre se rapporte aux élèves réguliers. En dehors de ces élèves, certaines écoles ont un nombre respectable d'auditeurs libres suivant des cours du soir ou des cours de perfectionnement.

2. Le diplôme d'*horloger technicien* équivaut à celui qui vient d'être institué à Besançon sous le titre d'*ingénieur horloger*.

3. La valeur de l'enseignement est démontrée pratiquement par les succès des élèves des Ecoles du Locle, de la Chaux-de-Fonds et de Genève aux épreuves officielles des Observatoires.

II

Parmi les fabricants qui avaient répondu à l'appel officiel, j'ai dit qu'on pouvait heureusement compter les principaux, les grands chefs de file. C'est ainsi que pour les pièces de luxe et de haute précision MM. Paul Ditisheim, Nardin, les Sociétés Patek-Philippe et Vacheron et Constantin, pour la belle fabrication mécanique en grandes séries les fabriques Zénith, Oméga, des Longines, pour les pièces ordinaires mais de bonne qualité, la Tavannes et diverses fabriques de montres Roskopf, se faisaient spécialement remarquer.

De l'aveu unanime, celle de ces expositions qui frappait le plus le visiteur à tous égards était celle de M. Paul Ditisheim, qu'on pouvait comparer à une encyclopédie de l'art horloger, encyclopédie embrassant le passé et le présent.

On sait que M. Paul Ditisheim a été le premier avec M. Nardin, du Locle, à expérimenter, pour la fabrication de ses balanciers de chronomètres, l'acier au nickel dont les curieuses propriétés venaient d'être mises en évidence par M. Charles-Edouard Guillaume. C'était à une époque où les fabricants français regardaient avec une indifférence dédaigneuse ce nouveau venu original qui menaçait de bouleverser les idées reçues sur les alliages et la compensation aux températures.

Depuis, l'acier au nickel, par ses brillants succès dans les observatoires, par la persistance de ses qualités réglantes lorsqu'il a été convenablement préparé, a emporté tous les obstacles et règne en maître dans la chronométrie de poche comme dans l'horlogerie astronomique. Dans les chronomètres, on peut dire qu'il a presque annulé les erreurs résiduelles de réglage, qui avaient résisté un siècle aux efforts de tous les chronométriers[1].

Une des vitrines de M. Ditisheim représentait le processus de la fabrication des balanciers Guillaume, en six saisons différentes pour le

1. Ce qu'on appelle l'erreur secondaire.

chronomètre de marine comme pour le chronomètre de poche, cependant que, dans la Section de l'Enseignement supérieur, on pouvait voir, exposés par M. Guillaume lui-même, des diagrammes représentant les anomalies de dilatation et d'élasticité des aciers au nickel et différentes pièces curieuses appartenant à l'histoire de ces alliages singuliers, et dont l'une, un pendule, remonte déjà à 18 ans! Comme le temps passe!

M. Paul Ditisheim a résumé, dans les graphiques de la figure 1, les progrès actuellement réalisés dans le domaine du réglage chronométrique par l'introduction des alliages d'acier et de nickel dans la bilame des balanciers circulaires. Dans le graphique de droite sont représentées les marches de 0° à 30° d'un chronomètre parfait, muni du balancier circulaire à bilame laiton-acier. L'erreur secondaire, représentée par la flèche de la courbe parabolique des marches,

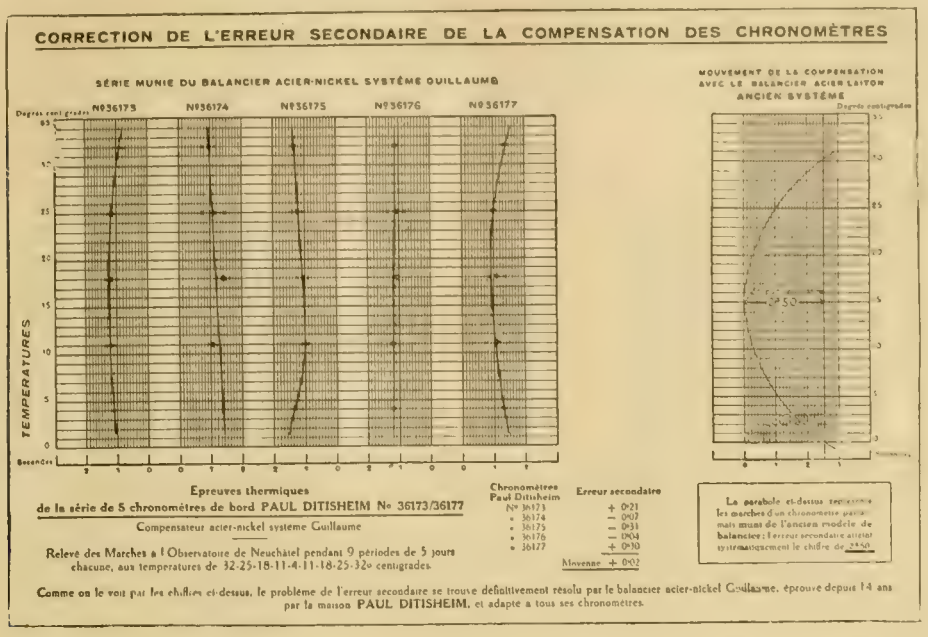


Fig. 1. — *Correction de l'erreur secondaire des chronomètres par le balancier Guillaume.*

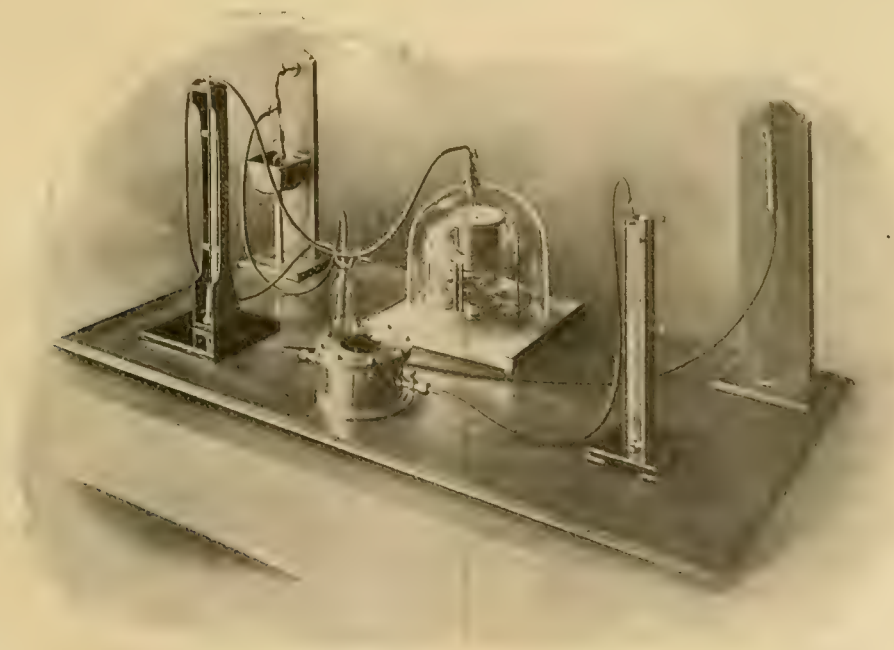


Fig. 2. — *Appareil Ditisheim pour étudier l'action de la pression barométrique sur la marche des chronomètres.*

atteint 2 secondes et demie. Dans le graphique de gauche sont représentées les marches réelles d'un groupe de 5 chronomètres de bord, de la même série, observés officiellement à Neuchâtel. La plus forte erreur secondaire est négative et n'atteint que 31 centièmes de seconde. L'erreur moyenne pour les 5 pièces, en négligeant les

Fig. 3. — *Un chronomètre de bord dans sa boîte de transport.*

signes, est treize fois plus faible que dans le graphique de droite. « Il serait illusoire de vouloir aller au delà, écrivait M. Guillaume dans le *Journal suisse d'horlogerie*[1], car on sait que les marches des chronomètres sont la résultante d'une foule de causes dont on n'est pas

Fig. 4. — *Chronomètre-chronographe petit format enregistrant le millième de seconde.*

le maître, telles que les variations de la pression et de l'humidité. »

Les variations de la pression ont eu leur action mise en lumière d'une façon remarquable par M. Ditisheim, il y a quelques années, au moyen d'observations faites à diverses altitudes et d'expérimentations exécutées avec l'appareil de la figure 2, qui permettait de faire fonctionner les chronomètres sous une cloche où l'on pouvait faire un vide partiel ou établir des surpressions. Ces expériences ont permis de dresser des tables de corrections aux altitudes.

Grâce aux progrès réalisés par les fabricants en tenant compte des indications données par

Fig. 5. — *Chronomètre à complications : quantièmes, phases lunaires, etc.*

les savants, la chronométrie de précision est en mesure de donner aujourd'hui réponse à tous les problèmes scientifiques dans lesquels intervient la mesure du temps. C'est ainsi que le chronomètre de bord représenté par la figure 3, dans sa boite de transport, remplace le vieux chronomètre de marine à suspension sur nos

Fig. 6. — *Montre-chronographe avec repères pour les signaux horaires de T. S. F.*

1. Mars 1914.

torpilleurs, en même temps qu'il assure la conservation de l'heure dans les travaux astronomiques et géodésiques, ou les voyages d'exploration; que le chronomètre-chronographe enregistreur de la figure 4 peut enregistrer sur un ruban, se déroulant à raison de un centimètre ou d'un décimètre par seconde, la durée de phénomènes physiques ou physiologiques ou d'épreuves sportives au centième ou au

Fig. 7. — *Un ancêtre du chronomètre de marine : l'horloge marine Berthoud de 120 kilogs.*

millième de seconde près; que le chronomètre de la figure 5, outre ses quantièmes perpétuels et ses phases lunaires, peut encore répéter la minute, servir de chronographe, carillonner l'air de Westminster ou bien indiquer l'heure et la minute exacte du lever et du coucher du soleil et l'équation du temps; que le chronographe compteur à rattrapante de la figure 6 peut se remettre à l'heure au moyen des notations inscrites sur sa lunette et correspondant aux signaux horaires de la tour Eiffel, etc.

III

C'est aussi grâce à cette collaboration des fabricants et des savants que nous pouvons enregistrer, dans les observatoires chronométriques, des résultats de plus en plus brillants et dont la persistance montre que les marches splendides réalisées par les chronomètres de petit format ne sont point dues à des hasards heureux ni à des tours de fabrication ou à des trucs de réglage.

La Suisse possède, comme on sait, deux observatoires de ce genre. De plus, elle participe à certains concours officiels présentant un caractère international, comme ceux de Teddington (anciennement Kew) en Angleterre, ou de Washington.

A l'Observatoire de Genève, l'année 1914 a été particulièrement heureuse. Les deux premiers chronomètres classés ont obtenu des chiffres de points encore jamais atteints. Le premier, de la maison Haas et neveux, est monté à 879 points et le second, de la maison Patek-Philippe, à 875.

A Neuchâtel, dont les chiffres de 1914 ne seront publiés qu'avec ceux de 1915, les records de marche, aussi bien pour les chronomètres de bord que pour ceux de poche, sont détenus par M. Paul Ditisheim. C'est également ce dernier constructeur qui, depuis une douzaine d'années, détient ceux des concours de Kew-Teddington avec une série de chiffres sensationnels. Ces concours sont nettement caractérisés par l'éclipse progressive de la chronométrie anglaise derrière la chronométrie suisse. Au dernier dont les résultats aient été publiés, en 1914, sur les cinquante premiers résultats, *quarante-cinq* appartenaient à des maisons suisses, et parmi ceux-ci les *dix* premiers. La première maison anglaise classée ne venait qu'au *trente-quatrième rang!*

A Washington, tous les chronomètres de bord classés par l'Observatoire naval, sauf deux, sont étrangers. L'immense majorité vient de Suisse, où la grande renommée de la maison Nardin, longtemps fournisseur de la Marine allemande, maintient hautement la vieille réputation du chronomètre de marine à suspension devant l'invasion progressive du chronomètre de bord, le chronomètre de l'avenir.

OGICAL
LIBRARY

Fig. 8. — *Un chronomètre de petit format au temps de F. Berthoud.*

L'histoire du chronomètre de marine se rattache d'ailleurs à deux noms suisses : ceux de Ferdinand et de Louis Berthoud, les premiers fournisseurs officiels du Gouvernement français. Tous deux sortaient, comme Abraham Bréguet, des montagnes neuchateloises. M. Paul Ditisheim a eu l'heureuse idée d'exposer dans sa collection rétrospective deux des ancêtres de nos chronomètres actuels, œuvre de Ferdinand Berthoud.

Le premier, l'horloge n° 16, représentée par la figure 7, était à poids et ne pèse pas moins, tout équipé, de 120 kilogs! Il fut fourni en 1775 à la Marine espagnole. On le prendrait de loin volontiers pour un vieil obusier! Le second, construit en 1796 et portant le n° 65, est moins impressionnant quoique encore de taille assez respectable (fig. 8); Ferdinand Berthoud avait un faible pour les machines à poids. Il serait sûrement suffoqué s'il revenait aujourd'hui constater la merveilleuse précision de chronomètres de bord à ancre dont le poids n'atteint pas 250 grammes, c'est-à-dire le *cinq centième* de celui de ses horloges favorites.

L'impression générale résultant d'une visite à l'Exposition nationale de 1914 en ce qui touche à la chronométrie, c'est que nos voisins d'outre-Jura ont été surpris par la guerre en pleine prospérité[1]. Et il n'y a pas de doute que le rétablissement de la paix ne les trouve prêts à continuer leurs succès sur les grands marchés du monde.

Léopold Reverchon.

1. Une statistique publiée au moment de mettre sous presse nous apprend que les cinq derniers mois de 1914 ont occasionné, à la fabrique suisse, une perte sèche de plus de 62 millions de francs.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Sageret (Jules). — **Le Système du monde des Chaldéens à Newton.** — 1 *vol. in-12 de 280 pages avec 20 fig.* (*Prix*: 3 fr. 50) *Félix Alcan, éditeur, Paris*, 1914.

Dans cet ouvrage, qui fait partie de la *Nouvelle Collection scientifique* dirigée par M. Emile Borel, l'auteur se propose de nous initier à la genèse du « système héliocentrique ». Autrement dit, son livre répond à la question: Pourquoi et comment est-on parvenu à découvrir que la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil?

Après avoir rapidement esquissé l'histoire de la Géométrie que Platon, Thalès de Millet, Pythagore et autres mathématiciens parviennent à élever au rang de science exacte, M. Sageret aborde les *cosmologies des « sauvages »*.

Les primitifs, manquant de termes abstraits et généraux, tiennent « un langage rempli de contradictions insoupçonnées par eux, mais flagrantes d'après le jugement de la logique rationnelle ». Il ne s'attarde donc pas longtemps sur ce point, afin d'examiner les étapes qu'il a fallu franchir pour arriver à la *Cosmologie moderne*: d'abord l'hypothèse de la Terre plate et limitée, puis les découvertes successives de son isolement dans l'espace, de sa sphéricité, de la ressemblance des astres avec elle, de sa rotation sur elle-même et autour du Soleil.

La construction de cet édifice scientifique fut l'œuvre des siècles, et de nombreuses générations s'y attelèrent successivement. Après avoir observé le ciel sans instruments, les astronomes imaginèrent peu à peu des appareils (gnomon, clepsydre, horloge solaire, lunette, etc.) qui leur permirent de sonder la voûte étoilée. Grâce à ce matériel perfectionné et à des méthodes de plus en plus précises, ils expliquèrent les éclipses, ils mesurèrent les rapports des distances des planètes à la Terre et les dimensions des astres.

A la suite de Ptolémée, des Arabes et des savants du moyen âge que les travaux de M. Duhem ont mis récemment en lumière, les Copernic, les Tycho-Brahé et les Képler préparèrent la voie à la merveilleuse Mécanique newtonnienne. Si Newton, en effet, a bien trouvé les lois de la *gravitation universelle*, « tous les matériaux de cette découverte lui avaient été apportés par ses prédécesseurs ». Néanmoins, la gloire du grand analyste anglais reste entière, car il sut « créer son outillage scientifique et cet outillage reste le nôtre », en dépit des progrès accomplis depuis le XVIIIe siècle.

Enfin M. Sageret termine son original volume en montrant l'importance du *système héliocentrique* qui « est à la science ce que la clef de voûte est à un pont d'une seule arche ». Avant de le concevoir, on a dû édifier la Géométrie, la Dynamique, l'Astronomie, mais en revanche il forme à son tour « le centre de stabilité » du monument.

Jacques Boyer.

Compte rendu du 43e Congrès des Délégués et Ingénieurs de l'Union internationale des Associations de surveillance des chaudières à vapeur, *tenu à Moscou les 3, 4 et 5 juillet 1913. Traduit par* M. L. Descroix, *Ingénieur.* — *1 vol. in-8° de 240 p. avec 15 pl. hors texte.* (*Prix: 8 fr.*) *H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris*, 1914.

A ce Congrès, présidé par M. le professeur de Doepp de Saint-Petersbourg, assistaient comme Français les représentants des Associations des propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne, de l'Oise, ainsi que l'Ingénieur en chef de l'Association alsacienne. Le Congrès a tenu à honorer la mémoire de notre compatriote M. Olry, ingénieur en chef des Mines, administrateur délégué de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur de Lille, qui s'était depuis longtemps assuré une place prépondérante dans toutes les assemblées de l'Union Internationale. Les principales questions qui ont été discutées sont relatives à l'étude des tôles de chaudières avariées, à la modification des règles pour les essais de rendement des chaudières et des machines à vapeur, aux chaudières modernes à faisceau tubulaire à grande inclinaison, aux matières nuisibles contenues dans l'eau d'alimentation, à l'influence de la pression de marche sur l'action de ces matières, à l'influence de la nature du combustible sur la construction des foyers et la conduite du feu, aux compteurs de vapeur, au fonctionnement en parallèle de chaudières marchant à des pressions différentes, aux soudures électrique et autogène appliquées aux chaudières, enfin aux cheminées en béton armé, toutes questions d'actualité qui ont été traitées à fond par de véritables spécialistes. La très bonne traduction qu'a faite M. Descroix de tous les travaux du 43e Congrès est un document plein de valeur pour tous les Ingénieurs ou Industriels.

Emile Demenge.

2° Sciences physiques

Giolitti (Frédéric), *Professeur de Métallurgie au Polytechnicum de Turin.* — **La Cémentation de l'Acier.** *Traduction française, revue par* Albert Portevin, *Chef des Travaux de Métallurgie à l'Ecole Centrale.* — *1 vol. in-8° de 548 pages avec 155 fig.* (*Prix cart.: 16 fr.*). *A. Hermann et fils, 6, rue de la Sorbonne, Paris*, 1914.

La cémentation du fer ou de l'acier consiste en une carburation partielle ou totale de l'un de ces métaux sans qu'il soit soumis à la fusion, c'est-à-dire par le chauffage au rouge de la surface de l'objet métallique au contact de matières carburées solides ou gazeuses, pendant un temps plus ou moins long. Ces matières carburées sont les *céments*. Tels sont le carbone pur, les charbons ordinaires, les cyanures, les gaz ou vapeurs renfermant du carbone, oxyde de carbone ou hydrocarbures. La quantité de carbone que le fer peut ainsi absorber n'est pas limitée par la solubilité du C dans le fer, et on a obtenu des carburations allant jusqu'à 8 et 9 °/₀ de C, dont la plus grande partie à l'état de graphite.

De nombreux chimistes ou métallurgistes ont cherché à expliquer le mécanisme par lequel s'opère la diffusion du carbone au travers du métal. Il y a, en effet, un très gros intérêt à résoudre cette question fondamentale, dont dépendent les perfectionnements techniques à apporter aux procédés. Aucun sujet n'a soulevé plus de polémiques. Ce fut d'abord la théorie soutenue depuis 1861 par Caron et adoptée par Guillet, suivant laquelle la cémentation ne peut s'effectuer directement sous l'action du carbone à l'état solide, mais nécessite toujours la présence d'un carbure ou d'un cyanure formé par l'action de l'azote de l'air sur les alcalis contenus dans les cendres du charbon de bois employé comme cément. Par contre, Ledebur était d'avis que la cémentation peut avoir lieu sous l'action directe du carbone solide en contact avec le fer, en dehors de l'intervention de substances carburantes volatiles; il ne pouvait cependant mettre en doute que de nombreux corps gazeux permettent un transport rapide du charbon sur le fer, sans contact direct des deux corps, puisque c'est surtout l'hypothèse fondée sur l'intervention des gaz, à laquelle s'est rallié Guillet, qui s'applique le plus souvent dans

la pratique industrielle. On admettait aussi que la vitesse de pénétration du carbone croit avec la température, que la cémentation du fer commence à une température inférieure à 700° C., et que la concentration du carbone ne s'abaisse pas d'une manière continue et régulière à partir de la surface en contact avec les matières carburées.

Tel était l'état de la question, lorsque l'auteur, M. Frédéric Giolitti, entreprit vers 1905 ses recherches dont les résultats furent déjà exposés en partie par M. Portevin dans la *Revue de Métallurgie* (t. VII, p. 865, octobre 1910). Ses expériences portèrent sur la vitesse de pénétration dans l'acier doux avec un même cément solide, à des températures variant depuis 700° au delà de 1000°, sur la distribution du carbone dans les zones cémentées, à des températures et des pressions diverses, avec différents gaz comme cément appliqués à des aciers à basse teneur en carbone (0,06). Avec du CO en particulier, l'auteur se rendit compte que la concentration du C est d'autant moindre que la température est plus élevée, que la pression est plus basse, et que la quantité de gaz pur arrivant au contact de l'unité de surface de l'acier est plus faible. Le fer exerce une action catalytique sur le CO dont le carbone se sépare suivant la formule :

$$2\,CO \rightleftharpoons CO^2 + C$$

et se dissout totalement dans les couches superficielles du fer, lequel, à une température supérieure à 850° C., est à l'état de fer, jusqu'à y atteindre la concentration qui correspond à l'état d'équilibre du système $CO : CO^2 : C$.

D'après toutes les recherches expérimentales effectuées au cours de ces dernières années et jointes aux siennes, l'auteur note avec de nombreux développements l'état actuel de nos connaissances sur le sujet. Nous en donnons les principales conclusions. L'action carburante directe que peut exercer sur le fer le carbone libre par simple contact et à haute température, en agissant seul et sans l'intervention d'aucun gaz, est, sinon nulle, du moins très faible. Le cas le plus fréquent dans l'industrie est celui où les gaz et le carbone agissent simultanément. Dans ce cas, les deux groupes de substances modifient respectivement leurs actions réciproques. La présence de l'azote pur n'augmente que dans une faible mesure l'action carburante du carbone libre. Les cyanures intervenant à l'état de gaz ne produisent qu'un effet négligeable. Les hydrocarbures, très employés dans la pratique pour tous les genres de cémentation, agissent de deux façons différentes. Ou bien ils se décomposent totalement en mettant en liberté du carbone qui se dissout dans la couche superficielle de l'acier et pénètre ensuite en se diffusant par différence de concentration : dans ce cas, le gaz n'exerce aucune action spécifique sur la marche de la cémentation. Ou bien ces gaz ne se décomposent que partiellement à la surface et, à mesure qu'ils se diffusent dans la masse de l'acier, continuent à se décomposer en mettant en liberté dans les couches internes du métal de nouvelles quantités de carbone : dans ce second cas, la profondeur atteinte par la carburation dans un temps donné ainsi que la concentration augmentent avec la pression et l'intensité du gaz par unité de surface. Enfin, de tous les gaz, celui qui intervient le plus efficacement dans la cémentation est l'oxyde de carbone. Or, ce n'est qu'en dessous de 700° que CO, agissant seul sur le fer, y déposerait du carbone. Aux températures supérieures, c'est-à-dire à celles que l'on pratique pour la cémentation, CO ne provoque donc la carburation du fer que par son action spécifique en tant que gaz, et cette action, déjà considérable sans l'intervention du carbone libre, devient très intense par suite de la présence de cette matière. Quant à l'activité des céments qui, à côté du carbone libre, contiennent des carbonates des métaux alcalins ou alcalinoterreux, il faut l'attribuer non à la formation de cyanures volatiles par l'intervention de l'azote de l'air, mais à la production de CO par l'action du C sur le CO^2 provenant de la dissociation des carbonates. Si le charbon de bois est si souvent employé, et à juste raison, dans l'industrie, son action est due exclusivement à la formation de CO à laquelle donne lieu l'oxygène de l'air contenu dans les boîtes de cémentation. Nous avons vu plus haut qu'avec CO la cémentation n'atteint sa marche normale qu'aux températures où le fer est à l'état de fer; on explique ainsi en passant pourquoi les aciers spéciaux, dont les points de transformation sont notablement abaissés par rapport aux aciers ordinaires à teneur identique en carbone, peuvent être cémentés à température plus basse.

Ce sont là les principaux traits de la nouvelle théorie de la cémentation qu'a exposée l'auteur dans la première partie de son ouvrage, en combinant les résultats de ses nombreux essais aux multiples conclusions des autres expérimentateurs.

M. Giolitti passe ensuite en revue les applications industrielles de la cémentation. On sait que cette opération a pour but ou de transformer totalement les fers et aciers doux en aciers durs, ou de carburer superficiellement les pièces métalliques qui peuvent subir ensuite divers traitements complémentaires, tels que la trempe et le recuit.

La fabrication de l'acier cémenté est très ancienne et date des premières années du XVIIe siècle, mais elle se développe surtout vers 1740, lors de l'invention par Benjamin Hunstman du procédé de fusion de l'acier au creuset. Les fabricants prétendent que le produit obtenu en fondant le fer soudé, carburé auparavant par cémentation, est très supérieur, surtout pour les aciers extra-durs, à celui qui consiste à carburer l'acier pendant la fusion. On peut l'expliquer par le fait que la cémentation des fers soudés permet d'obtenir des aciers parfaitement sains, à très faible teneur en manganèse et en silicium. Quoi qu'il en soit, on cémente encore actuellement à Sheffield, et même en France, avec de la simple poudre de charbon de bois, des barres de fer de Suède ou de Russie, les barres forgées donnant de meilleurs produits que les barres laminées. La durée de l'opération varie de 20 à 30 jours. Les barres cémentées sont cassées et réparties en 7 groupes suivant leur carburation appréciée par l'examen de la cassure, et qui varie de 0,5 à 2 %. Puis les mélanges convenablement dosés sont fondus dans les creusets.

A côté de cette fabrication, les applications de beaucoup les plus importantes de la cémentation se rapportent à la transformation partielle des fers et aciers doux en aciers durs. Il s'agit, en effet, d'obtenir des pièces où la dureté superficielle maximum est jointe au minimum de fragilité. On comprend quel puissant auxiliaire devient le procédé pour tous les organes de machines employés si fréquemment aujourd'hui dans la construction des moteurs et des automobiles, roues dentées pour engrenages, pivots, axes de roulement, cames de commande des soupapes, et dans un autre ordre d'idées, lorsqu'il s'agit d'accroître la résistance à la pénétration et à la rupture sous un grand choc, ce qui intéresse au premier chef le matériel de guerre, blindages, projectiles, etc. Les caisses de cémentation sont en tôles rivées ou en acier doux moulé. L'un des meilleurs céments solides employés est un mélange de 3/5 de charbon de bois pulvérisé et de 2/5 de carbonate de baryum, car il agit simultanément par le charbon et le CO formé et se régénère facilement par une exposition à l'air. Toutefois, ce cément est un peu trop intense pour les plaques de blindages, qu'il carburerait trop. En 8 heures, à 900°, on a trouvé une pénétration de 2,75 millimètres. Certains fabricants lui préfèrent donc le charbon de bois pulvérisé.

L'auteur passe rapidement sur les céments liquides, qui sont tous des sels simples ou complexes de l'acide cyanhydrique, fondus ou rendus fluides à la chaleur et dans lesquels on trempe certaines pièces qui ne doivent être que durcies superficiellement sans déformation, comme les plaques d'acier pour gravure, et il arrive à l'emploi des céments gazeux appliqués seulement d'une façon suivie depuis ces dernières années. Le traité de M. Giolitti décrit en détails l'appareil de Machlet et le

four à moufles verticaux du système Stein qui sont utilisés dans ce but, mais il s'étend surtout sur la cémentation au moyen des cements mixtes résultant de l'union d'un cément solide et d'un cément gazeux. Nous avons vu que, lorsque ce cément gazeux est l'oxyde de carbone pur, la profondeur atteinte dans un temps donné par la partie carburée est maximum; comme, d'autre part, l'action carburante spécifique que ce gaz exerce sur le fer est connue avec précision, on peut en limiter la portée suivant les cas, en faisant varier tous les facteurs : quantité, température, pression, et même en lui adjoignant d'autres gaz pour le diluer. En pratique, on emploie des fours à moufles horizontaux et, mieux, verticaux, dans lesquels les pièces à cémenter et le cément solide chaud sont introduits successivement par le haut, tandis qu'on fait arriver le gaz par le bas, généralement sous forme de CO^2. Le cément est chaud pour éviter les différences de température qui provoquent les déformations si préjudiciables aux pièces. Les appareils employés et le mode d'utilisation sont indiqués dans l'ouvrage avec de nombreuses illustrations à l'appui. Enfin vient le traitement thermique des produits cémentés, et les méthodes de contrôle de la cémentation, qui ne diffèrent pas sensiblement des opérations similaires pratiquées dans les autres procédés sidérurgiques.

On peut voir, par ce long résumé, que M. Frédéric Giolitti n'a laissé de côté aucun détail, soit théorique, soit pratique, pour mettre la question au point, et son ouvrage, écrit très impartialement, servira à éclairer beaucoup de données un peu discutées et à indiquer la voie aux études et recherches ultérieures. Il doit à ce titre faire partie du bagage de tout métallurgiste.

Emile DEMENGE.

3° Sciences naturelles

Hewitt (C. Gordon). — **The House-Fly** (*Musca domestica Linn.*); **its structure, habits, development, relation to disease and control.** (LA MOUCHE DES MAISONS (*Musca domestica L.*), SA STRUCTURE, SES MŒURS, SON DÉVELOPPEMENT, SES RAPPORTS AVEC LES MALADIES ET LES MOYENS DE LA COMBATTRE). — *1 vol. in-8° de 382 pages avec 43 fig.* (*Prix cart. : 18 fr. 75.*) *Cambridge University Press*, 1914.

Si l'esprit public n'était pas tout entier aux frontières, où se joue le sort du droit et de la justice, on pourrait dire sans exagération que l'ouvrage de M. Hewitt arrive à son heure, car la Mouche domestique est devenue, par le fait même du progrès scientifique, un insecte d'actualité : on ne la tient plus seulement pour un hôte désagréable, on la soupçonne à juste titre de méfaits nombreux et notamment de véhiculer en germes les maladies contagieuses. Elle était déjà suspecte, et voici que les travaux de laboratoire l'ont déclarée franchement coupable; il faut la traiter en ennemi public et on lui a bruyamment déclaré la guerre : *delenda Musca!* Qui n'a en mémoire la campagne menée par *Le Matin* contre ce fâcheux insecte?

Pour engager la lutte avec un adversaire de cette sorte, insidieux et pullulant, il faut en bien connaître les habitudes, et c'est à quoi se sont employés de nombreux chercheurs, dont les travaux sont relevés dans l'index bibliographique très complet qui termine l'ouvrage de M. Hewitt. Ces travaux ont été mis à la portée du grand public dans un excellent opuscule de M. Howard intitulé : « The House-fly : Disease Carrier » et dans un petit volume publié par M. Hewitt lui-même. Il convenait toutefois de les présenter avec plus de détails, de les coordonner et d'en extraire la moelle scientifique, afin qu'ils pussent éclairer les biologistes, provoquer d'autres recherches et produire tous les résultats qu'on est en droit d'en attendre. C'est ce qu'a voulu faire M. Hewitt et nul mieux que lui n'était indiqué pour entreprendre cette tâche, ainsi qu'en témoignent les trois savants mémoires qu'il a consacrés à la Mouche domestique dans le *Quarterly Journal of Microscopical Science*.

La 1re partie de l'ouvrage traite *de la structure et des mœurs de la Mouche adulte.* Au point de vue anatomique, elle présente la même rigueur que la volumineuse monographie de Lowne sur la Mouche bleue (*Calliphora erythrocephala*), avec moins de menus détails, sans doute, mais avec une concision plus grande et un esprit plus moderne. Au point de vue biologique, elle offre le plus vif intérêt à cause des observations profondes qui la remplissent et qui ont toutes une portée des plus grandes. Nous y apprenons que la Mouche domestique peut représenter à elle seule 90 % de la population diptérienne de nos demeures, — qu'elle se répandrait peu par son propre vol, mais qu'elle se dissémine par nos véhicules et surtout par l'action du vent, — que la structure de sa trompe ne lui permet pas d'absorber des particules solides supérieures à 45 μ, mais qu'elle convient à merveille à la succion des liquides, — qu'elle dissout les substances solubles par un afflux de salive et que ces substances, absorbées en même temps que le liquide, s'accumulent dans le vaste jabot de l'insecte, d'où elles passent peu à peu dans le gésier, puis dans l'estomac, non sans un stage qui dure parfois plusieurs jours. M. Hewitt compare ce dernier phénomène à la rumination, mais il en est un autre qui présente bien plus ce caractère et que chacun, d'ailleurs, a pu souvent observer. Une fois repue et tranquille, la Mouche dégurgite sa nourriture sous la forme d'une gouttelette qui se dilate au bout de la trompe et le plus souvent y rentre bientôt; c'est probablement pour ajouter au liquide un surplus de suc salivaire que l'insecte dégurgite, mais c'est parfois aussi pour libérer son jabot distendu à l'excès, et alors la gouttelette est rejetée sur le support qu'elle contamine, au même titre d'ailleurs que les excréments issus de la digestion finale. M. Hewitt étudie également l'action de la température sur la vie de l'insecte : la Mouche abonde surtout en été, et alors sa vie ne dure guère plus de deux mois; un abaissement de température la met au repos et, plus grand, en torpeur; elle résiste encore un demi-jour à —6° et succombe assez vite à —10°. A l'automne, la plupart des individus périssent, mais les plus jeunes et les plus vigoureux cherchent un refuge dans les habitations et s'y réveillent momentanément quand la température devient plus douce; ils reprennent leur activité au beau temps et deviennent alors procréateurs des générations nouvelles.

La 2e partie de l'ouvrage est consacrée *à la reproduction et au développement de la Mouche.* Outre une étude très poussée de l'œuf, des trois stades larvaires et de la pupe, elle renferme une histoire biologique complète de l'insecte à ses différents états, notamment de précieux détails sur la ponte et les lieux de ponte. Les mâles sont à peu près en même nombre que les femelles; quelques jours après l'accouplement, ces dernières choisissent un milieu convenable pour y déposer leurs œufs : le fumier de cheval principalement et les rebuts d'étable, mais aussi, à un moindre degré, tous les autres excréments et toutes les matières organiques en décomposition. Aux points les plus éclairés de ces matières, les œufs sont pondus en groupes, chaque ponte comprenant environ 120 œufs et une femelle pouvant donner 5 ou 6 pontes. C'est en été, surtout de juin à octobre, que les femelles se livrent à la ponte; les pontes hivernales sont rares et ne se produisent qu'aux endroits chauds. Suivant que la température est plus ou moins élevée, la durée du développement diminue ou augmente; depuis le moment où l'œuf est déposé jusqu'à l'éclosion de l'adulte, elle est de 9 jours au minimum, de 3 à 4 semaines au maximum. Contrairement à une opinion répandue, l'insecte ne passe jamais l'hiver à l'état de pupe et les générations de deux années successives se rattachent les unes aux autres par les Mouches hivernantes. Il est très difficile d'élever l'insecte en captivité; pourtant, M. Hewitt a pu de la sorte obtenir deux générations successives et il a vu que la maturité sexuelle est acquise de 10 à 15 jours après l'éclosion.

Dans la troisième partie de son travail, l'auteur passe en revue *les parasites et les ennemis naturels de la*

Mouche : les Acariens et notamment les *Trombidium* qui se fixent sur elle à l'état de larves rouges, les Scutigéres, les Saltiques et les Insectes (Carabides, Mouches asile, etc.) qui lui font la chasse, les Nématodes qu'elle héberge (*Habronema muscae*) et les rares Hyménoptères qui lui confient leur dangereuse ponte, les *Herpetomonas* qui fréquentent son tube digestif, enfin le vulgaire champignon *Empusa muscae* qui la pénètre de son thalle, et la tue en la collant au support, en même temps qu'il projette tout autour la poussière blanche de ses conidies. Cette partie n'est pas une de celles qui intéresseront le moins les biologistes, car elle présente de nombreux problèmes qui réclament leur concours et que l'auteur s'est efforcé de mettre en évidence. Quelle est, par exemple, la nature des relations qui existent entre les *Chelifer* ou pseudo-scorpions et les Mouches qui les véhiculent? Et, s'il est vrai, comme le pense Brefeld, que l'*Empusa muscae* ne forme pas d'azygospores ou spores de résistance, par quel moyen ce champignon peut-il passer aux Mouches d'une année à l'autre ?

Dans la quatrième partie, M. Hewitt signale les caractères distinctifs et décrit les mœurs des *autres Mouches qui fréquentent les maisons.* Ces Diptères ne laissent pas que d'être assez nombreux, mais l'auteur insiste particulièrement sur les *Fannia*, un peu plus petites que la Mouche domestique et souvent confondues avec elle, sur la *Calliphora erythrocephala*, grosse Mouche bleue qui confie sa ponte aux viandes crues ou cuites, sur la *Muscina stabulans*, très voisine de la Mouche par son faciès et ses habitudes, enfin sur le *Stomoxys calcitrans*, ou mouche des étables, qui se distingue des espèces précédentes par sa trompe transformée en un rostre capable de piquer et de sucer le sang. S'éloignant un peu du sujet principal, cette partie est moins fouillée que les autres ; elle était nécessaire toutefois, car la plupart des Mouches qui fréquentent les maisons doivent être suspectées au même titre que la Mouche domestique.

Ayant ainsi groupé tous ces faits anatomiques et biologiques, l'auteur aborde en pleine lumière la partie la plus importante de son ouvrage, celle où il traite du rôle des Mouches, surtout de la Mouche domestique, dans la dissémination des maladies contagieuses. Ce n'est point seulement parce qu'elles se posent partout et de préférence sur les sanies que les Mouches sont capables de disséminer les microbes; sans doute elles les véhiculent avec leurs pattes, leurs ailes, leurs poils et leur trompe spongieuse; mais elles les introduisent par succion dans leur tube digestif et les rejettent ensuite, soit par la bouche quand elles dégurgitent leurs gouttelettes, soit par l'anus au moment de la défécation. Les Bactéries sporulantes supportent très bien ce passage dans les viscères, et sûrement aussi beaucoup d espèces qui ne produisent jamais de spores. D'après les expériences de Graham Smith, la vitalité du *Bacillus prodigiosus* persiste au moins 18 heures sur les ailes et les pattes des Mouches, 4 ou 5 jours dans la trompe, le jabot et l'intestin; le même biologiste a établi que le *Bacillus typhosus* reste vivant 6 jours au moins dans l'intestin des Mouches et que celles-ci peuvent ensemencer les plaques où elles marchent 48 heures après leur infection. A ces moyens de contamination il faut peut-être en ajouter un autre singulièrement grave : les Bacilles ingurgités par les larves pourraient persister chez l'adulte; tel serait le cas du *Bacillus typhosus* d'après les expériences réalisées en 1909 par Faichnie, mais le fait a été contesté depuis lors et réclame de nouvelles observations.

Ayant établi ces règles générales, l'auteur passe en revue les observations et expériences relatives au rôle des Mouches dans la propagation des diverses maladies contagieuses.

En ce qui regarde la fièvre thyphoïde, ce rôle est de premier ordre et l'on ne saurait en être surpris si l'on songe que le Bacille typhique, d'après les recherches de Delépine, peut conserver un an sa virulence sur les parois des fosses à excréments. Pour Vaughan et pour Reed qui ont étudié les épidémies typhiques durant la guerre hispano-américaine, pour Dunne et pour Tooth qui ont travaillé dant le même sens au cours de la campagne contre les Boers, l'influence malfaisante des Mouches serait bien supérieure à celle des eaux. Non moins funeste est le rôle des Mouches dans la propagation de la tuberculose: attiré par les crachats, l'insecte en ingère les bacilles, que Lord a retrouvés très actifs dans leurs excréments après 15 jours. Les observations de Lord ont été justifiées par les infections artificielles de Graham Smith.

Il semble bien aussi que les Mouches jouent un rôle essentiel dans la propagation de la diarrhée infantile estivale ; comme l'a montré Niven, la maladie progresse à mesure que les mouches se multiplient et les deux courbes se superposent à très peu près. Pourtant la courbe de la maladie commence à décroître pendant que s'élève encore celle des mouches, et comme d'autre part on ne connait pas les microbes pathogènes qui sont les agents du fléau, ou ne saurait définitivement conclure.

Laissant de côté les autres maladies passées en revue par M. Hewitt, les cas de myases qu'il signale, et le rôle de nos insectes dans la propagation des vers intestinaux, j'arrive à la dernière partie de l'ouvrage, celle où l'auteur examine *les méthodes propres à se préserver des Mouches et à les combattre*. Les Mouches ne sont pas moins dangereuses que les Glossines et les Moustiques, dit-il, et pour elles comme pour ces dernières, « la clef de toute la situation », dans la lutte entreprise, se trouve aux lieux de ponte, qu'il faut protéger contre le dépôt des œufs et traiter par des insecticides pour détruire la progéniture. La propreté des écuries, surtout de celles occupées par les chevaux, l'enlèvement du fumier avant le développement complet de l'insecte (avant 7 jours), la distribution rapide du fumier sur les champs et, en tout cas, le traitement de ce fumier par le chlorure de chaux préconisé par Howard (bien préférable au kérosène), tels sont les moyens qui répondent le mieux au but poursuivi. Détruire tous les débris organiques, toutes les ordures, et, en ce qui concerne les déjections humaines, remplacer les latrines sèches par le tout à l'égout, voilà encore deux précautions nécessaires.

La lutte contre les adultes est également recommandable, encore qu'elle soit beaucoup plus aléatoire et plus difficile; à ce point de vue, l'auteur examine les divers pièges à Mouches, l'emploi des papiers arsénicaux, les avantages de la formaldéhyde et les autres méthodes imaginées par divers biologistes. Il réclame surtout, et à juste titre, la protection des chambres et des salles hospitalières occupées par des malades.

Le résumé qui précède donnera peut-être au lecteur une idée suffisante de l'intérêt et de la variété des matériaux mis en œuvre par M. Hewitt, mais il ne peut montrer comme il convient la richesse de documentation, la rigoureuse méthode et la lucide clarté qui distinguent éminemment son ouvrage. L'exécution typographique de celui-ci est d'ailleurs irréprochable; les figures du texte, presque toutes originales, ne laissent rien à désirer et les planches en couleurs consacrées aux principales espèces de Mouches sont admirablement réussies. C'est un beau livre, mais surtout un bon livre. L'auteur l'a écrit pour les entomologistes, les médecins, les officiers de santé et les biologistes ; il espère en outre le voir adopter par les étudiants. Je crois que ses espoirs ne seront pas déçus. Je le désire surtout bien sincèrement, car il est peu d'ouvrages qui soient mieux faits pour donner le goût de la science, pour favoriser les recherches et pour rendre des services à l'hygiène publique. C'est une œuvre longuement mûrie, méthodiquement composée, très précise et pleine d'aperçus nouveaux; elle fait honneur au talent de M. Hewitt.

E. L. Bouvier,
Membre de l'Institut,
Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 8 Février 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Bigourdan** : *Application du comparateur angulaire céleste à la détermination de la réfraction astronomique et de sa constante.* Supposons l'observateur placé dans de basses latitudes, au voisinage de l'équateur terrestre, et choisissons deux étoiles situées près de la région E du premier vertical, l'une se trouvant près de l'horizon quand l'autre est vers le zénith. Les lunettes du comparateur étant préalablement placées et fixées, dirigeons-les vers ces étoiles, le fil mobile de chacune des lunettes ayant une position connue et voisine de la perpendiculaire au même vertical. Le mouvement d'horlogerie qui entraîne le comparateur maintiendra chaque étoile dans le champ de la lunette correspondante, et ainsi l'on pourra faire un grand nombre de pointés sur ces étoiles, qui s'éloigneront graduellement l'une de l'autre parce que la différence des réfractions va en diminuant. Dans les latitudes moyennes, les couples étant convenablement choisis, la durée d'observation sera seulement un peu plus longue, les astres s'élevant obliquement. On pourra ainsi obtenir rapidement un grand nombre de valeurs de la constante de la réfraction, et il sera alors possible de dire si elle est réellement invariable, ou si elle présente quelque inégalité périodique dans les diverses saisons de l'année.

2° Sciences physiques. — M. **F. Bodroux** : *Sur la préparation de quelques éthers-sels.* En distillant lentement un mélange d'acide formique, d'alcool éthylique et d'eau, on obtient du formiate d'éthyle. Le rendement en éther-sel dépend de la quantité d'eau employée, les proportions d'acide et d'alcool étant constantes. La même réaction se produit en faisant agir H Br, 5 H^2O sur les différents alcools, et le rendement en éther bromhydrique s'élève à 75-90 °/o quand on ajoute au mélange 1 mol. d'acide sulfurique pour 2 de HBr. — MM. **L. Grimbert** et **O. Bailly** : *Sur un procédé de diagnose des monoéthers glycéro-phosphoriques et sur la constitution du glycérophosphate de sodium cristallisé.* On n'a pu encore établir d'une façon formelle si c'est la fonction alcool primaire ou alcool secondaire de la glycérine qui participe à l'éthérification dans le glycérophosphate de sodium cristallisé. L'éther α-monoglycérophosphorique, en l'absence de toute hydrolyse, étant seul susceptible de fournir par oxydation un corps de formule générale R. CO. CH^2OH, qu'on peut caractériser par les réactions de Denigès, les auteurs ont soumis à l'action de l'eau de brome à 2,5 °/o le glycérophosphate de Na cristallisé et le sel incristallisable. C'est ce dernier qui est transformé par oxydation en un corps donnant les réactions de Denigès; c'est donc l'α-glycérophosphate, tandis que le sel cristallisé de Poulenc est le β-glycérophosphate. — MM. **Em. Bourquelot**, **M. Bridel** et **A. Aubry** : *Synthèse biochimique, à l'aide de l'émulsine, du monoglucoside β du glycol propylénique ordinaire.* L'intérêt de cette synthèse réside dans le fait que le glycol propylénique ordinaire (propanediol 1 : 2) est un mélange de deux isomères optiques de signe contraire. La glucosidification a lieu par l'action de l'émulsine en poudre sur une solution de glucose dans le glycol additionné d'un peu d'eau. On obtient finalement une masse blanche, dont le pouvoir rotatoire en solution aqueuse, $[\alpha]_D = -30°,32$. L'hydrolyse montre qu'il s'agit d'un monoglucoside et le glycol propylénique récupéré est inactif. On peut en conclure que la glucosidification a porté en même temps sur les deux isomères optiques et que le monoglucoside obtenu est un racémique par la fonction alcoolique secondaire qui n'a pas été glucosidifiée.

3° Sciences naturelles. — M. **P. Mazé** : *Détermination des éléments minéraux rares nécessaires au développement du maïs.* L'auteur a cultivé le maïs jusqu'à maturation dans une solution minérale aseptique, préparée avec de l'eau de source additionnée de divers éléments. En faisant varier ceux-ci, l'auteur a reconnu que B, Al, F et I sont nécessaires au développement du maïs; As lui est nuisible. Lorsque le fluor manque, l'écart entre le témoin et les autres plantes est sensible. M. **A. Gautier**, à propos de cette communication, signale que depuis 2 ans il étudie l'influence du fluor sur la végétation. Dans quelques cas, le fluor joue un rôle inhibitif, mais le plus souvent il active la végétation, la floraison et la production des graines. Les résultats complets seront publiés ultérieurement. — M. **A. Lacroix** : *Sur l'existence de roches néphéliniques grenues dans l'archipel volcanique de Kerguelen.* L'auteur signale la présence, au milieu des formations nettement volcaniques (basaltes) de l'archipel Kerguelen, d'intrusions de roches alcalines grenues (syénites néphéliniques, micromonzonites) offrant une parenté magmatique incontestable avec les phonolites et avec les trachytes épanchés. Des faits analogues ont été observés à Tahiti et à La Réunion. Il semble que ces intrusions de roches grenues soient un trait fréquent de la structure des îles volcaniques océaniques.

Séance du 15 Février 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **L. E. Bertin** : *Au sujet du transport des mines marines par les courants, sous l'action de la houle.* Les mines automatiques ou torpilles de blocus, qui ont été mouillées en nombre énorme dans les guerres navales modernes, ont présenté une mobilité un peu imprévue, de laquelle ont résulté, surtout pour les bâtiments de commerce, de fréquentes catastrophes. L'origine de cette mobilité est dans l'insuffisance certaine, lorsque la mer est agitée, de l'excès du poids p du crapaud qui sert d'ancrage sur la traction verticale f exercée par l'orin de la torpille. En s'en tenant aux profils de houle à prévoir, les calculs de M. Bertin montrent qu'il faudrait doubler le poids de 150 kilogs attribué au crapaud pour empêcher celui-ci d'être soulevé par l'orin de la torpille. — M. **B. Galitzine** : *Sur le tremblement de terre d'Italie du 13 janvier 1915.* D'après les enregistrements de la Station sismique de Poulkovo, l'auteur a calculé, par sa méthode, les coordonnées de l'épicentre, qui se trouvent exactes à quelques kilomètres près. Il est donc possible de localiser l'épicentre d'un séisme au moyen d'observations faites à une seule station. Les observations montrent également que, pour les premiers grands maxima, le déplacement d'une particule de la surface terrestre pour les ondes superficielles longues s'effectue presque perpendiculairement à la direction de la propagation de ces ondes. Enfin l'auteur a déterminé la vitesse moyenne de propagation des ondes sismiques longues, qui a été de 3,51 km. à la seconde (3,53 pour le séisme de Messine), et le coefficient correspondant k d'absorption de l'énergie sismique, qui a été de 0,000 38 (0,000 27 pour le séisme de Messine).

2° Sciences physiques. — M. **A. Guillet** : *Roue à denture harmonique. Application à la construction d'un chronomètre de laboratoire à mouvement uniforme et continu.* On conçoit sans effort qu'un chariot convenablement disposé portant le profil $y = a \sin bx$ sera entraîné d'un mouvement uniforme suivant l'axe des x si ce profil, matérialisé soit par un sillon, soit par une saillie, est commandé par un doigt solidaire de l'organe

oscillant, animé suivant l'axe des y d'un mouvement harmonique de loi $y = a \sin \omega t$. On rendra le mouvement permanent en substituant à la translation suivant l'axe des x une rotation autour de l'axe des z. L'auteur réalise un dispositif de ce genre au moyen d'une roue à denture harmonique, de profil $Y = A \sin N(s/r)$, commandée par un électro-diapason au moyen d'une sorte d'ancre oscillant harmoniquement. A chaque période T correspond le passage d'une dent de la roue, mais les pattes de l'ancre, alternativement menante et neutre, touchent constamment le profil : il n'y a jamais échappement. La roue conduite par celle des pattes de l'ancre qui s'engage dans la denture prend donc un mouvement uniforme et fait un tour dans le temps $\tau = NT$. Ce chronomètre fonctionne sans variation et d'une manière ininterrompue pendant plusieurs jours. — MM. **E. Mathias, H. K. Onnes** et **C. A. Crommelin** : *Le diamètre rectiligne de l'azote.* Les auteurs ont trouvé, pour l'ordonnée y du diamètre rectiligne de l'azote, des valeurs qui correspondent à la formule $y = 0{,}022904 - 0{,}001957\,7\,\theta$ (θ étant la température en degrés C.). Le coefficient angulaire du diamètre est $\alpha = -0{,}001957\,7$. La formule relative à y donne, avec la température critique $-147^\circ{,}13$, pour la densité critique $\Delta = 0{,}31096$. Le coefficient critique est 3,421 ; il est donc presque le même que celui de l'argon (3,424) et de l'oxygène (3,419). — M. **L. Bouchet** : *Déformation du caoutchouc vulcanisé sous l'action d'un champ électrostatique.* L'auteur a soumis un manchon élastique en caoutchouc, sur ses deux parois, à des actions électrostatiques qui, en le déformant, produisaient une variation de volume intérieur. Deux minutes après l'excitation du champ, la déformation cesse de croître d'une façon appréciable. Les déformations sont toujours plus grandes que celles déduites des données mécaniques et électriques de l'échantillon. L'auteur admet que la déformation totale est due à l'induction électrostatique, proportionnelle à chaque instant à une constante diélectrique apparente. Ces constantes apparentes tendent vers une limite voisine de 4.

3° Sciences naturelles. — M. **J. Bergonié** : *La mobilisation, dans les tissus, des projectiles magnétiques, par des séances répétées d'électromagnétisme.* L'auteur, en étudiant l'utilisation rationnelle de l'électro-aimant en chirurgie de guerre, a reconnu la nécessité d'avoir un électro-aimant aussi puissant que possible. Il ne faut pas se décourager lorsque, dans les premières séances, on n'observe aucune action de l'électro-aimant sur des projectiles reconnus magnétiques. Des séances répétées, avec fermeture et rupture du circuit, amènent constamment la mobilisation du projectile magnétique, qui peut ensuite être facilement extrait. — MM. **A. Sartory, L. Spillmann** et **Ph. Lasseur** : *Contribution à l'étude des états typhoïdes.* Les auteurs ont pratiqué l'hémoculture chez 200 malades à état typhoïdique ayant reçu le vaccin de Vincent. Ils ont trouvé, suivant les cas : du bacille d'Eberth légitime ; des paratyphiques divers ; un mélange de bacille d'Eberth et de paratyphiques ; des associations de bacilles d'Eberth et *Proteus vulgaris* ; des associations de bacille d'Eberth avec un microorganisme dont les éléments ronds sont le plus souvent groupés par deux (diplocoques) ; ce microorganisme seul. Les auteurs concluent que, si le plus souvent la fièvre typhoïde a pour origine causale le bacille d'Eberth, il est vraisemblable que le pouvoir pathogène de cet organisme peut être exalté par la présence d'autres éléments microbiens, tels que le *Proteus vulgaris*, le microcoque décelé par eux ou, peut-être, d'autres espèces pathogènes encore insoupçonnées. Il est possible également que la guerre de tranchées nous fasse connaître une infection nouvelle à type clinique voisin de la fièvre éberthienne. La présence constante et unique, dans le sang de certains malades, du micro-organisme cité plus haut peut laisser supposer qu'il joue un rôle déterminant dans la genèse de ces états typhoïdes. — M. **F. Vuillemin** : *La fleur.* L'auteur montre que la fleur est formée de thalles rattachés par des formations mésophytiques à des appendices homologues de la fronde. Les feuilles proprement dites n'interviennent qu'à titre de protection supplémentaire dans le pistil et le périgone ; l'axe floral, portant à la fois des frondes et des feuilles, tient du stipe et de la tige. — M. **Coquidé** : *Sur la nitrification dans les sols tourbeux des environs de Laon.* Afin de reconnaître si l'azote organique des terrains tourbeux nitrifie, l'auteur a recherché l'influence de certains engrais de couverture (KCl, caïnite, nitrate de soude, scories de déphosphoration) sur un terrain inculte portant une végétation naturelle. Chaque engrais a manifesté isolément son action, en particulier le nitrate ; même dans les mélanges d'où les nitrates sont exclus, la végétation est nettement inférieure à ce qu'elle est là où ils existent. Si le nitrate manifeste si clairement ses effets, c'est donc que les plantes n'en trouvent pas ou guère dans le sol vierge. Il n'y a donc pas de nitrification, ou alors celle ci est peu active. — M. **H. Hubert** : *Esquisse préliminaire de la géologie de la Côte d'Ivoire.* L'auteur a observé dans cette colonie trois sortes de formations : 1° schistes cristallins (gneiss) et types éruptifs associés (granit), de beaucoup les plus répandus ; 2° roches sédimentaires métamorphisées (schistes micacés) et types éruptifs associés (diabases) ; 3° terrains éocène et actuel (latérite).

Séance du 22 Février 1915

M. le Président annonce le décès de M. **E. H. Amagat**, membre de la Section de Physique.

Sciences naturelles. — M. **V. Lubimenko** : *Nouvelles recherches sur les pigments des chromoleucites.* Pour l'auteur, l'évolution chimique des pigments contenus dans les chloroleucites au cours de leur transformation en chromoleucites aboutit à la formation d'un grand nombre de substances colorées qui se rattachent à la carotine, à la xanthophylle et à leurs deux isomères : la lycopine et la rhodoxanthine. L'apparition des substances intermédiaires entre ces quatre formes principales ainsi que la formation des deux derniers pigments rouges, qui n'existent pas dans les chloroleucites, doit être attribuée aux deux processus chimiques opposés, l'oxydation et la réduction, qui se remplacent l'un l'autre au cours du développement du tissu chlorophyllien et qui attaquent l'appareil assimilateur. — M. **D. Olaru** : *Action favorable du manganèse sur la bactérie des légumineuses.* L'auteur a ajouté des quantités variables de manganèse à des ballons contenant des cultures de microbes des nodosités des Légumineuses et a déterminé les quantités d'azote gagné par le milieu au bout d'un certain temps. Le maximum d'azote gagné se trouvait dans les ballons additionnés d'une dose de Mn variant de 1/50 000 à 1/200 000°. Le manganèse a donc une influence favorable sur l'activité des bactéries fixatrices d'azote. — M. **L. Roule** : *Sur un nouveau genre de Poissons apodes et sur quelques particularités de la biologie de ces êtres.* L'auteur a découvert parmi les poissons recueillis en 1902 par le Prince de Monaco au nord de l'Ile Fayal, à 950 mètres de profondeur, deux exemplaires appartenant à un genre nouveau, *Pseudophichthys*, voisin du genre *Promyllanthor* de la faune abyssale de l'Océan indien. Ces deux genres apportent un argument nouveau en faveur de la réalité du parallélisme établi entre les faunes ichthyologiques, l'une occidentale, l'autre orientale, des mers qui baignent la moitié septentrionale du massif africain et la bordure méridionale de l'Eurasie. — M. **G. Daumézon** : *La pomme de terre substratum et agent de dissémination du pneumobacille de Friedlaender dans la nature et particulièrement dans les eaux.* L'auteur a isolé de nombreux tubercules de pomme de terre altérés, arrachés dans un même champ, un germe pathogène qui s'est montré identique au pneumobacille de Friedlaender. L'eau d'un puits situé dans le même champ renfermait le même bacille. Le champ de culture étudié constituait par conséquent avec son sol et la nappe de son sous-sol un réservoir très riche en

pneumobacilles à virulence non abolie. — M. M. **Baudouin** : *Découverte et fouille d'un menhir trouvé debout et enfoui complètement dans une alluvion marine sur les côtes de la Vendée.* L'auteur a observé en Vendée, près de l'embouchure de la rivière La Vie, un menhir debout, totalement caché dans des argiles à *Scrobicularia plana*, ce qui prouve qu'à un moment donné cette pierre dressée a été absolument sous-marine. La fouille a fourni des blocs de calage en place, constitués par des calcaires tertiaires importés d'assez loin, ce qui confirme bien le caractère du monument. Ce menhir constitue donc un nouveau témoin des affaissements récents et lents des rivages au niveau des côtes atlantiques.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 9 *Février* 1915

M. **P. Marie** : *Des résultats fournis par l'électrisation directe des troncs nerveux dans la plaie opératoire chez les blessés atteints de traumatisme des nerfs.* L'auteur recommande l'emploi de l'appareil du Dr H. Meige, à électrodes stérilisables, pour l'exploration électrique directe des nerfs dans la plaie au cours des interventions chirurgicales. Cet appareil permet : 1° de reconnaître et d'authentifier les cordons nerveux situés dans la plaie opératoire; 2° d'apprécier la valeur du nerf atteint par le traumatisme : *a*) au point de vue du pronostic; *b*) au point de vue de la conduite à tenir vis-à-vis de ce nerf; 3° de déterminer par l'électrisation directe des localisations anatomiques et fonctionnelles dans les troncs nerveux périphériques. — M. **E. Delorme** : *Sur les gelures.* Pour l'auteur, le principal agent des accidents de gelure observés sur les soldats est le froid humide, qui n'a pas besoin d'être aussi intensif que le froid sec pour produire une action nocive. La compression à distance, comme la station debout, l'immobilité relative ou absolue, la compression exercée par les chaussures auraient surtout agi à titre d'agents secondaires. Le remplacement plus fréquent des hommes dans les tranchées paraît avoir été la meilleure mesure préventive. — M. **A. Jousset** : *La bacillémie tuberculeuse primitive du premier âge.* L'auteur a prélevé aseptiquement le sang du cœur chez un grand nombre de nourrissons décédés dans diverses crèches des hôpitaux parisiens et y a trouvé le bacille de Koch à maintes reprises. A l'autopsie, aucune lésion tuberculeuse n'est apparue à l'examen le plus scrupuleux. Ces nourrissons avaient présenté le tableau ordinaire de l'athrepsie, avec accompagnement de troubles gastro-intestinaux vulgaires. Il paraît donc exister une bacillémie tuberculeuse primitive du premier âge dont aucun symptôme clinique et aucune lésion anatomique ne révèlent l'existence. — MM. **F. Ramond** et **G. Goubert** : *L'autohémothérapie appliquée au traitement de la fièvre typhoïde.* L'autohémothérapie est le traitement des maladies infectieuses par l'injection, dans le tissu cellulaire sous-cutané, de sang complet pris dans les veines du malade. Les auteurs l'ont appliqué à tous les cas de fièvre typhoïde. Une seule injection suffit parfois à modifier le cours de la maladie; mais, le plus souvent, il est nécessaire de répéter l'autohémothérapie tous les jours. Si à la 6e injection aucun résultat n'a été obtenu, il est inutile de continuer. Dans la plupart des cas, on a noté une défervescence rapide et une amélioration notable de l'état général; même dans les insuccès il y a presque toujours une amélioration partielle.

Séance du 16 *Février* 1915

M. **A. Pinard** : *De la protection de l'enfance pendant les cinq premiers mois de guerre dans le camp retranché de Paris.* M. Pinard rend compte des efforts faits pendant 5 mois par l'Office central d'Assistance maternelle et infantile, constitué au lendemain de la déclaration de guerre avec ce programme : Pendant toute la durée de la guerre et dans toute l'étendue du Gouvernement militaire de Paris, assurer à toute femme nécessiteuse en état de gestation, ou ayant un enfant de moins de 3 ans, la protection sociale, légale et médicale à laquelle elle a droit, dans une société civilisée. Ces efforts se sont traduits à la fin de 1914 par les résultats suivants : La mortalité des mères a diminué. Le nombre des enfants morts-nés, au lieu d'augmenter comme on l'a toujours observé en temps de guerre ou de famine, a diminué. La mortalité infantile a diminué. Le nombre des enfants abandonnés a diminué. Le nombre des enfants prématurés a diminué et le poids moyen des enfants a augmenté. En résumé, jamais on ne vit à Paris autant d'enfants aussi vigoureux, aussi beaux qu'aujourd'hui, et cela parce que jamais ils n'ont été autant protégés avant et après leur naissance.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 6 *Février* 1915

M. **G. W. Crile** : *Recherches expérimentales sur l'épuisement.* L'épuisement est l'état dans lequel se trouve l'organisme lorsqu'il a complètement perdu son pouvoir de transformer l'énergie potentielle en énergie cinétique. Il résulte d'une altération d'un des organes du système cinétique, ou, comme c'est le cas le plus souvent, de lésions simultanées du cerveau, des glandes surrénales et du foie. L'épuisement aigu est hâté par une acidose aiguë (enrichissement du sang en ions H) comme on en observe à la suite d'une dépense musculaire excessive, par exemple chez les animaux qui se battent, ou au cours d'émotions intenses (colère, frayeur), ou encore à la suite d'un traumatisme considérable, ou enfin dans l'anesthésie générale. L'acidité du sang inhibe la région motrice du cerveau; cette inhibition entraîne une augmentation de l'acidité du sang. Par contre, cette acidité excite la moelle, notamment le centre respiratoire, dont l'action croisée diminue l'acidité. La réaction antithétique de l'écorce cérébrale et de la moelle à l'acidité du sang empêche les animaux de succomber par « suicide acide » lorsqu'ils courent ou se battent. Le sommeil naturel répare dans une très large mesure les effets de l'épuisement; le sommeil artificiel produit par le peroxyde d'azote les répare encore moitié mieux. Le sommeil est le meilleur réparateur de l'épuisement des soldats en campagne. — M. **S. Marbais** : *Disparition des spores du bacille d'Achalme des fèces des singes immunisés spécifiquement.* 1° L'injection d'une culture abondante et pure de *Bacillus perfringens* ne produit sur le singe ni de la gangrène, ni des abcès gazeux, mais tout au plus une irritation du gros intestin. 2° L'injection de la culture d'Achalme sous la peau des singes bien portants est suivie d'un état d'immunité, caractérisé par la disparition des spores du bacille d'Achalme — et en général de toutes spores — des fèces de ces animaux. 3° La viabilité du bacille dans de l'eau physiologique aérobie est très diminuée; donc point n'est besoin de stériliser l'émulsion pour des essais de vaccination.

Séance du 20 *Février* 1915

MM. **F. d'Hérelle** et **L. Géry** : *Choc anaphylactique provoqué par le sang de femme chez des cobayes sensibilisés par des albuminoïdes du placenta.* Les cobayes sensibilisés par une injection d'extrait placentaire, indifférents à l'injection de sérum de sang d'homme, meurent dans une crise d'anaphylaxie caractéristique après injection intraveineuse de sérum de sang prélevé sur une femme enceinte ou l'ayant été quelque temps auparavant; l'action est la même avec le sang de femmes normales et même de vierges. Il faudrait en conclure que le sang de femme contient durant toute la vie des albuminoïdes spéciaux identiques à ceux qui constituent le tissu placentaire. — M. **Et. Rabaud** : *Sur une variation héréditaire spéciale au sexe mâle : les souris grises blanchissant.* L'auteur a observé des souris grises, issues

d'un croisement gris × blanc, chez lesquelles, au bout de quelques mois, la coloration grise fait partiellement place à la coloration blanche. La dépigmentation commence par l'extrémité du museau, puis elle gagne progressivement en arrière, envahit la tête, le cou et la moitié antérieure de la région dorsale, où elle s'arrête. A vrai dire, les poils ne deviennent pas d'un blanc pur; ils prennent une teinte simplement argentée, mais très nette. Le phénomène ne se produit que chez les mâles; il est héréditaire et n'est pas dû à la sénilité. C'est une nouvelle exception aux lois de Mendel. — M. **A. M. Przesmycky** : *Sur la coloration vitale du noyau.* L'auteur est parvenu à colorer, en général par le rouge neutre, le noyau de certains Métazoaires et des Protozoaires; le noyau vit, puisqu'il peut accomplir, quoique coloré, sa principale fonction physiologique, la division, amenant la multiplication de la cellule, et puisqu'il se décolore après la mort, même si les organismes restent en liquide coloré. Les différentes substances dans un noyau vivant peuvent se colorer d'une manière distincte très nette, par exemple la chromatine (les chromosomes) et l'achromatine. Le noyau vivant montre une affinité vis-à-vis du rouge neutre plus grande que le protoplasma, puisqu'il attire le colorant plus fortement que ce dernier et se décolore plus lentement. — M. **S. Marbais** : *Disparition des spores du bacille d'Achalme des fèces des hommes immunisés spécifiquement.* L'homme peut recevoir de grandes doses de bacilles d'Achalme, isolés de matières fécales, sans présenter d'autres troubles, au niveau de la piqûre, qu'un empâtement vite résorbé. Les injections répétées de culture du bacille d'Achalme produisent un état d'immunité, caractérisé par l'absence de culture de ce bacille dans la gélose sucrée chauffée à 100°, ensemencée avec les fèces des individus traités. Le bacille d'Achalme ne paraît toutefois être qu'un agent accessoire dans le déterminisme de la colite chronique chez l'homme.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 5 Février 1915

M. le Dr **M. Ménard** : *Localisation des projectiles et examen des blessés par les rayons X.* La localisation des projectiles à l'aide des rayons X se fait par la radioscopie ou par la radiographie. Par la radioscopie, on détermine la profondeur du projectile par rapport à un ou plusieurs repères fixés sur la peau. Ce procédé, très précieux, permet souvent au chirurgien de découvrir le projectile, mais il est des cas cependant où celui-ci n'est pas atteint. Des causes multiples et indépendantes de l'habileté de l'opérateur l'entraînent souvent dans une direction autre que celle du corps étranger. Plusieurs observations permettent à l'auteur de dire que la localisation d'un projectile n'est complète et utile au blessé que si la méthode employée conduit à tout instant le bistouri du chirurgien dans la direction du projectile. M. Ménard a utilisé les différents procédés radioscopiques et aucun d'eux ne lui a donné entière satisfaction, c'est-à-dire la certitude que le projectile sera découvert par le chirurgien. Enfin, la radioscopie est la cause pour l'opérateur de *brûlures* très graves et l'usage du diaphragme n'est pas, comme on l'a dit, capable de protéger efficacement le radiologue contre les attaques des rayons X. Il ne faut pas oublier, en effet, que les lésions produites par les rayons X apparaissent tardivement : après 8, 10, voire même 12 ans de pratique. L'auteur a donc rejeté de sa pratique la radioscopie pour la localisation des projectiles, et s'est adressé à la méthode de localisation inventée par M. le médecin major Hirtz. Cette méthode nécessite un appareillage très simple, est d'une application très facile et donne pendant l'opération des résultats d'une précision rigoureuse, de l'ordre du millimètre. Le radiologue doit, il est vrai, faire une épure, ou plutôt un graphique, épouvantail pour bien des confrères, voire même pour des chirurgiens. S'il y a eu des critiques, elles ont une très faible portée auprès de ceux qui ont pu apprécier la précision de la méthode du Dr Hirtz et la simplicité de sa technique. Pour sa part, M. Ménard a localisé avec succès 102 projectiles; il donne quelques-unes de ses observations, qui suffisent à démontrer quelle sécurité le compas de Hirtz offre au blessé et au chirurgien pour la découverte des projectiles. A ses observations viennent s'ajouter 110 localisations faites à l'hôpital maritime de Rochefort-sur-Mer par M. Abel Perdrigeat, avec la même méthode. L'auteur ajoute enfin qu'il n'est pas besoin d'une installation radiographique très puissante pour obtenir la localisation précise d'un corps étranger. Certaines de ses localisations ont été faites avec une installation transportable Gallot-Gaiffe, qui a permis d'assurer le service radiographique d'un grand nombre d'ambulances.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 12 Février 1915

M. **Juéry** : *Sur deux oxalates de p-méthylcyclohexyle.* La déshydratation du *p*-méthylcyclohexanol par l'acide oxalique exige toujours un excès de réactif. Dès que celui-ci est employé en proportions se rapprochant des quantités équimoléculaires, le rendement en carbure diminue et il y a formation de l'éther oxalique neutre (Eb. 198-200° sous 24 mm.). Le produit distillé laisse déposer spontanément un *oxalate cristallisé*, F. 98°, dont on sépare par essorage un *oxalate liquide*. Ces deux oxalates ont la même composition centésimale et le même indice de saponification. L'isomère liquide n'est certainement pas constitué par l'oxalate cristallisé mélangé d'une impureté abaissant son point de fusion; en effet, l'oxalate liquide, dissous à chaud dans son volume d'alcool méthylique, ne fournit, même après amorçage, aucun produit cristallisé; par contre, un mélange à parties égales des deux produits solide et liquide dissous dans une partie d'alcool méthylique laisse cristalliser spontanément par refroidissement la majeure partie de l'oxalate cristallisé. Il s'agit vraisemblablement des deux isomères *cis-trans* que la théorie permet de prévoir; toutefois, les alcools régénérés de ces oxalates n'ont pas pu jusqu'ici être différenciés; ils présentent sensiblement les mêmes constantes et ils fournissent la même phénylurethane. L'oxydation de ces deux alcools fournit le même acide β-méthyladipique, ce qui exclut la présence d'un méthylcyclohexanol isomère.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 19 Novembre 1914

Sciences physiques. — M. **G. Walker** : *Orbites électroniques approximativement permanentes et origine des séries spectrales.* L'auteur cherche à trouver la base d'une explication strictement électrodynamique des séries spectrales. Son système consiste en un noyau sphérique de rayon α, avec une charge électrique positive E et un moment magnétique fixé μ. Il est assujetti d'une façon fixe et peut être considéré comme correspondant à un atome relativement massif. Un corpuscule simple, avec une charge négative e et une masse m, se meut librement sous l'influence des forces exercées sur lui par le noyau. En négligeant l'effet de la radiation, on constate que des orbites circulaires sont possibles, soit extérieures, soit intérieures au noyau; seules ces dernières ont de l'importance pour le problème considéré. L'auteur montre qu'il existe une classe d'orbites circulaires dans chacune desquelles le moment angulaire du corpuscule est le même. Ce résultat a déjà été obtenu par Conway, qui a cherché à identifier cette valeur avec l'unité de Planck. L'auteur montre que ces orbites ne se présentent que si la charge du noyau est concentrée principalement à la surface, ou si la substance du noyau possède un grand rapport diélectrique. En tous cas, pour obtenir une fréquence convenable, le

moment angulaire ne doit être qu'une faible fraction de l'unité de Planck. Il exite une autre classe d'orbites circulaires, qui se trouvent dans le plan équatorial du noyau et possèdent des moments angulaires différents. Leurs formules ont les mêmes traits généraux, mais ne sont pas si simples que celles des orbites de Conway. Le mouvement du corpuscule donne naissance à une perturbation de la radiation à l'intérieur et à l'extérieur du noyau, tandis que le noyau produit une radiation de la manière décrite par Lamb. La perturbation peut être analysée en termes du type électrique et magnétique. Dans chaque cas, on trouve une série de valeurs de r/α (r étant le rayon de la sphère sur laquelle se trouve le corpuscule) pour lesquelles la réaction sur le corpuscule devient très faible ; on en déduit que l'orbite corpusculaire correspondante est relativement stable et donne une ligne spectrale. En supposant avec Lamb que le rapport diélectrique est grand, on trouve avec les orbites de Conway du type magnétique de perturbation la formule connue de Balmer, tandis qu'avec le type électrique on arrive à une série ressemblant étroitement à la formule de Rydberg. En plus de ces séries, on obtient la série de Lamb avec le noyau ; mais, conformément à la théorie, elle se trouve dans l'infra-rouge ou l'ultra-violet. — **M. W. Jevons** : *Recherches spectroscopiques en rapport avec la modification active de l'azote.* IV. *Un spectre de bandes du triazoture de bore.* 1° L'action de l'azote actif sur BCl^3 ou le borate de méthyle fournit un spectre de bandes s'étendant de λ 6371 à au moins λ 2140, avec des têtes bien définies allant en se dégradant vers le rouge. 2° Le nouveau spectre consiste principalement en deux systèmes distincts. Dans le moins réfrangible, chaque bande se compose de 4 têtes, formant 2 doublets rapprochés. Le système le plus réfrangible a des têtes simples et ressemble au spectre de l'azoture de silicium décrit dans un mémoire antérieur. 3° L'auteur a mesuré les longueurs d'ondes des têtes et classé les valeurs dans chaque système, en les représentant par des formules. 4° Il est probable que le spectre est dû à l'azoture de bore. Les composés de B, C et Si se ressemblent donc en développant des spectres d'azotures dans la lueur résiduelle de l'azote. 5° Les bandes de l'azoture de bore, comme celles du cyanogène, sont produites dans le spectre de l'arc électrique, où elles se forment à côté des bandes de l'oxyde.

Séance du 3 Décembre 1914

Sciences physiques. — **M. G. S. Walpole** : *Le phénomène de Hermann.* En 1887, Hermann a observé que, lorsqu'un courant passe d'une solution diluée d'un sel, tel que le sulfate de sodium, vers une solution plus concentrée, une libération d'acide a lieu dans la couche limite entre les deux fluides ; quand le courant passe dans la direction opposée, de l'alcali est libéré au même endroit. L'auteur a repris l'étude de ce sujet et généralise les résultats obtenus de la façon suivante : A la limite entre deux solutions de conductibilités spécifiques inégales, un changement de réaction se produit si l'on maintient entre elles une différence de potentiel ; de l'alcali est libéré si le courant passe de la solution la plus conductrice à la moins conductrice ; de l'acide, dans le cas contraire. Les quantités peuvent être calculées d'après les gradients de potentiel dans les deux solutions de chaque côté de la limite, le temps pendant lequel la différence de potentiel est maintenue, la constante de résistance du vasé employé, la constante de dissociation de l'eau et les vitesses connues de migrations des ions H et OH.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 27 Novembre 1914

M. A. F. Hallimond : *Sur la conduction de l'électricité aux contacts de pointes.* L'auteur a établi les courbes volt-ampère ou *caractéristiques* données par divers contacts de pointes quand on fait varier lentement le voltage. La courbe unilatérale connue du contact-type zincite-tellure se termine par une chute soudaine de résistance, après laquelle le contact a une caractéristique plus symétrique, à faible résistance, qu'à l'origine. En maintenant le contact sous un certain voltage avec la zincite positive, on peut généralement restaurer l'état de haute résistance, dans lequel il redonne la courbe unilatérale. Des expériences analogues ont été faites sur 45 contacts possibles entre 10 substances choisies. Dans tous les cas, les résultats sont similaires à ceux que donne le contact zincite-tellure. On ne peut tracer aucune ligne de démarcation entre les contacts métalliques et ceux dans lesquels un ou deux des conducteurs sont des cristaux. Les résultats obtenus sont exprimés par les termes d'une série dans laquelle chaque membre se comporte vis-à-vis des suivants comme la zincite par rapport au tellure : zincite, brookite, molybdénite, chrome, galène, insérite, chalcosite, cuivre, chalcopyrite, tellure. Enfin, l'auteur montre que, dans les contacts donnant une courbe unilatérale (à haute résistance), la résistance se trouve au-dessous de la surface du membre le plus élevé de la série. Des mesures grossières montrent que le poids nécessaire pour ces contacts diminue d'environ 1.000 gr. pour la zincite jusqu'à une valeur très légère pour les substances situées près du tellure. — **M. T. Barratt** : *La conductibilité thermique des solides mauvais conducteurs.* L'auteur a déterminé les conductibilités thermiques de plusieurs solides typiques à faible conductibilité thermique par la même méthode et à peu près le même appareil qu'il a employé récemment pour les métaux purs et les alliages (t. XXV, p. 803). Dans presque tous les cas, la formule simple $k = H^2/p\ q\ h\ V^2$ a pu être utilisée. Les substances essayées comprennent les isolants électriques, comme le verre, la silice fondue et l'ébonite, diverses sortes de bois, et quelques conducteurs partiels de l'électricité, comme le carbone et le graphite. Pour la première fois, on a pu comparer directement la conductibilité d'un non-métal avec celle d'un métal, par exemple le bismuth, dont la conductibilité est à peu près du même ordre de grandeur. Les résultats concordent bien avec ceux obtenus par la méthode du disque de Lees.

Séance du 18 Décembre 1914

M. H. R. Nettleton : *Un anneau de garde au vide, et son application à la détermination de la conductibilité thermique du mercure.* Un tube à vide de construction spéciale, chauffé au sommet par de la vapeur et refroidi à la base par de l'eau courante, est utilisé par l'auteur pour trouver la conductibilité thermique du mercure. Le vide agit comme anneau de garde, et échappe à l'objection de communiquer au calorimètre une quantité de chaleur difficile à déterminer. Le vide est si efficace que le gradient de température, mesuré par une simple thermo-jonction portée par un cathétomètre, n'est probablement pas erroné de plus de 1/500°. La calorimétrie est effectuée par la méthode à flux continu, telle qu'elle est employée par Searle dans son appareil pour mesurer la conductibilité thermique du cuivre. La vitesse d'arrivée de la chaleur n'est que d'environ 1 calorie par seconde. La valeur moyenne obtenue pour la conductibilité thermique du mercure dans une série de 24 expériences est de 0,01960 unité C. G. S. entre 35° et 45° C. La nature remarquablement linéaire du gradient de température entre 35° et 65° indique qu'il n'y a pas de diminution de la conductibilité thermique quand la température s'élève.

Séance du 22 Janvier 1915

M. A. Russell : *Analyse harmonique pratique.* Le graphique d'une fonction périodique étant donné, quel est le meilleur moyen de déterminer les constantes de Fourier de l'équation en série qui la représente ? La

méthode ordinaire néglige toutes les harmoniques au-dessus d'un certain ordre et détermine les coefficients des termes harmoniques en faisant passer la courbe que représente l'équation par un certain nombre de points arbitrairement choisis de la courbe donnée. Un défaut sérieux de cette solution, c'est que les valeurs trouvées pour les amplitudes des harmoniques, surtout supérieures, peuvent différer beaucoup de leurs vraies valeurs de Fourier, et la méthode ne donne aucune indication de la grandeur de ces erreurs. S. P. Thompson a suggéré une autre méthode, qui utilise certaines formules en séries pour trouver les constantes de Fourier. L'auteur propose d'autres formules en séries analogues. Si la courbe donnée est à peu près sinusoïdale, de sorte que les amplitudes des harmoniques supérieures sont faibles, cette méthode est à la fois simple et exacte. Pour les ondes distordues, par contre, le défaut d'exactitude est notable, et une erreur commise en calculant la valeur d'une des constantes peut introduire des erreurs dans les valeurs calculées des autres. Par des exemples numériques, l'auteur montre l'exactitude qu'on peut obtenir en employant des formules à séries infinies. Il conclut que, dans la grande majorité des cas, la meilleure façon de procéder pour déterminer les constantes est d'évaluer les intégrales de Fourier par les méthodes de quadrature mécanique ; la règle de Weddle, en particulier, s'y adapte admirablement, et par le moyen de celle-ci chaque constante est déterminée séparément avec un haut degré d'exactitude. Les formules en séries de Thompson pourront être utilisées soit pour vérifier les valeurs trouvées par quadratures mécaniques, soit pour indiquer quand les harmoniques supérieures ne peuvent être négligées. — **M. T. Smith** : *Mesure de la longueur focale d'une lentille photographique.* On obtient simplement la longueur focale d'une lentille composée en mettant au point sur l'écran de la chambre noire l'image d'un objet distant situé sur l'axe de la lentille, à la fois avec la lentille complète et avec chacun de ses constituants séparés. Une mise au point additionnelle du même objet en faisant varier la distance des lentilles constituantes permet de déterminer les longueurs focales de chaque constituant. La méthode est rapide et exacte et nécessite seulement une chambre noire et la lentille. — **M. A. W. Bickerton** : *Le polyscope.* Cet instrument consiste en trois bandes étroites de verre de glace, d'environ 30 cm. de longueur, arrangées sous forme de pyramide tronquée. L'extrémité objective a une surface d'environ 1,6 cm², tandis que l'extrémité oculaire est beaucoup plus étroite, environ 0,3 cm², pour donner le nombre maximum de réflexions. On peut construire trois types de polyscope. Dans le premier, la section transversale est un triangle équilatéral : il donne les images les plus simples. Dans le second, la section est un triangle isocèle avec un angle droit : il fournit des images avec deux centres de symétrie réfléchies huit fois et avec un centre réfléchies quatre fois. Dans le troisième, les angles sont de 30°, 60° et 90° : on obtient des images dans lesquelles un centre a 12 réflexions, un autre 6 et un autre 4. En regardant au travers un groupe d'objets irréguliers, par exemple des morceaux de gélatine colorée montés sur un porte-objet, on aperçoit une image symétrique magnifiquement colorée, dont le caractère change constamment à mesure que l'objet se déplace. Cet instrument constituera une aide précieuse pour les dessinateurs de carreaux céramiques, de tapis, d'étoffes, etc., car une série considérable de dessins peut être rapidement passée en revue par l'artiste, qui dessine ou photographie ceux qui lui donnent satisfaction.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION DU YORKSHIRE

Séance du 30 Novembre 1914

MM. J. Hyland et L. L. Lloyd : *L'oxydation des huiles et des acides gras.* Les auteurs ont étudié l'oxydation des huiles et acides gras à 50° par l'air jusqu'au point où l'augmentation de poids est maximum ; à ce point, l'augmentation correspond presque dans chaque cas à $O = I^2$. Une oxydation plus grande est possible, mais elle est accompagnée d'une perte de poids. L'acide oléique est oxydé beaucoup plus rapidement dans l'air humide que dans l'air sec ; l'air humide, par contre, paraît empêcher l'oxydation complète des glycérides. Les auteurs ont également comparé la tendance à l'inflammation d'huiles de différents indices d'iode. Chez toutes les huiles qui dégagent une grande quantité de chaleur par chauffage, il y a une diminution considérable de l'indice d'iode. Toutefois l'oxydation n'est pas la seule cause de l'inflammation ; la décomposition des produits d'oxydation doit jouer un grand rôle. L'humidité augmente la tendance des huiles à s'enflammer sur fibre, surtout celles riches en acide oléique.

SECTION DE BIRMINGHAM

Séance du 10 Décembre 1914

M. R. S. Morrell : *Les huiles siccatives polymérisées.* 1° Les huiles de lin et d'œillette contiennent des glycérides mixtes de quantités variables d'acides non saturés, mélangés à de petites quantités de glycérides saturés, les acides étant interchangeables et leur quantité dépendant de l'origine et probablement de la maturité des graines. 2° L'épaississement par polymérisation, sans changement de la composition chimique, a lieu quand il existe au moins deux paires d'atomes de carbone doublement liés dans les molécules des acides des glycérides. 3° Avant la polymérisation, il y a un déplacement des liaisons dans la molécule et, dans le cas de l'huile de bois de Chine, il y a peut-être formation d'anneau. 4° L'épaississement est dû à la polymérisation des glycérides mixtes, et le premier stade est la formation d'un produit insoluble dans l'acétone, qui peut être une molécule double de glycérides liés dans le cas de l'huile de lin, ou une molécule quadruple pour l'huile d'œillette. 5° Le changement dépend de la température ; il s'établit un équilibre quand 50 % de la modification ont été formés. 6° A plus haute température, le stade final consiste dans la formation d'un polymère insoluble dans le pétrole léger qui semble déterminé dans l'huile de lin par le glycéride de l'acide linolénique.

SECTION DE LONDRES

Séance du 4 Janvier 1915

M. E. K. Scott : *La production des nitrates aux dépens de l'air, en particulier avec un nouveau four électrique.* L'auteur déduit d'expériences poursuivies depuis plusieurs années que, dans la fabrication des nitrates aux dépens de l'air, on peut améliorer considérablement les rendements par les trois moyens suivants : 1° *travail régénératif ;* théoriquement, l'énergie économisée en employant la vapeur d'une chaudière (chauffée par les gaz d'échappement) pour engendrer l'électricité est d'environ 15 o/o ; 2° *oxygénation de l'air ;* en insufflant dans le four des parties égales d'oxygène et d'azote au lieu d'air, le rendement est accru de 20 o/o ; 3° *élévation de température ;* le rendement théorique s'élève de 819 à 1850 kilogs par kw-an, ou de 225 o/o, quand la température des flammes de l'arc augmente de 3200 à 4200° C., soit de 30 o/o seulement. L'auteur a établi un four avec flamme d'arc triphasé, qui d'après lui est plus chaude et agit sur une plus grande quantité d'air que trois flammes monophasées dans trois fours séparés. Les gaz chauds qui se dégagent du four sont refroidis par une chaudière et la vapeur produite sert à engendrer de l'électricité.

Le Gérant : Octave DOIN.

Sens. — Imp. LEVÉ, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 6 30 MARS 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

E.-H. Amagat. — La Physique française vient de perdre, dans la personne de Emile Hilaire Amagat, l'une de ses illustrations. Amagat appartenait à une bonne famille du Berri (Saint-Satur); après avoir reçu une instruction très soignée, il suit pendant quelques années la conférence d'agrégation de Physique de la Sorbonne; mais la passion des recherches l'emporte chez lui sur le goût du mandarinat. Dès 1867, à l'âge de 26 ans, il commence des travaux inspirés par le célèbre mémoire de Regnault sur la loi de Mariotte, mémoire qui paraît avoir fait impression sur lui. Certains physiciens ayant interprété les expériences de Regnault en faisant de la loi de Mariotte une sorte de *loi de passage* observée pour chaque gaz à une distance déterminée de son point de liquéfaction sous la pression atmosphérique, Amagat essaye d'établir qu'elle est une *loi limite* qui s'observe soit sous les pressions très faibles, soit sous les pressions moyennes, pourvu que la température soit suffisamment élevée.

C'est le rôle de la température dans la compressibilité des gaz qu'Amagat étudie d'abord.

De 1867 à 1877-78, tout en passant sa thèse de doctorat ès sciences, il cherche sa voie dans l'étude de la compressibilité des gaz, raréfiés ou non, et de sujets connexes tels que la compressibilité des liquides. Il reprend fidèlement la tradition de Regnault et s'entraîne dans la recherche expérimentale de précision. Sa prodigieuse habileté manuelle lui fait exécuter, seul ou avec l'aide d'un mécanicien intelligent, tous les appareils dont il a besoin; à part les appareils en verre, qui sortent tous de la maison Alvergniat (ou Chabaud) et quelques instruments dus à la maison Golaz, c'est le physicien qui est son propre constructeur. Ayant ainsi pris conscience de lui-même, Amagat aborde la grande œuvre qui devait l'illustrer. Le travail de 1878-1880 est relatif à la compressibilité des gaz à des pressions élevées.

Emule de Regnault, il sait s'affranchir de toute servilité en suivant cet admirable modèle; il imite ses qualités et laisse ses défauts. Hardiment, Amagat reprend la méthode expérimentale de Dulong et Arago et néglige la compressibilité du mercure; lui qu'on avait vu, dans l'étude des gaz raréfiés, capable de mesurer une pression à moins de $\frac{1}{50}$ de millimètre de mercure, il se borne, au puits Verpilleux, à mesurer des colonnes de mercure à 2 ou 3 centimètres près. Son admirable bon sens lui montre qu'il vaut mieux attaquer une question de front, en conservant une précision moyenne dont on peut être certain, que de la tourner par des artifices ingénieux, mais nuisibles à la certitude des résultats. Les expériences pénibles et même dangereuses du puits Verpilleux sont visiblement inspirées des expériences de la Butte-aux-Cailles; mais, s'il suit en cela Cailletet, il sait rester lui-même.

Le résultat est une étude magistrale sur l'azote, dont la compressibilité est étudiée directement entre 75 et 430^{atm}, et complétée à Lyon de 26 à 80^{atm}. L'azote étudié, Amagat lui compare les autres gaz par un procédé qui rappelle celui de Pouillet. Les expériences sont poussées jusqu'à 400^{atm} sur l'air, l'oxygène, l'hydrogène, l'oxyde de carbone, le formène et l'éthylène.

Aussitôt après, Amagat recommence le travail en mesurant directement la compressibilité de chacun des gaz précédents, les pressions étant mesurées à l'aide de manomètres à azote comprimé. Il représente les résultats en portant les pressions en abscisses et les produits pv en ordonnées. Il trouve ainsi que, pour l'hydrogène, les isothermes sont, à toutes les températures étudiées, des droites parallèles, d'où $pv = \alpha p + b$ et $p(v - \alpha) = b$.

La compressibilité des gaz aux pressions inférieures (1 à 150 ou 200^{atm}) et aux températures allant jusqu'à 300° présente des difficultés spéciales tenant à la tension de vapeur mercurielle; cette partie n'est pas intéressante. Après s'être promis de la fouiller en détail, Amagat finira par s'en désintéresser. Il est, en effet, attiré par le très grand intérêt des hautes pressions. Il dit, dans l'un de ses mémoires, qu'il a peine à comprendre comment le fameux travail de Natterer, sur la compressibilité des gaz permanents sous des pressions atteignant 2000^{atm}, a passé inaperçu en France où il n'a excité, parmi les physiciens, qu'un intérêt très modéré.

Utilisant ses expériences, Amagat étudie les propriétés géométriques des réseaux d'isothermes qu'il a construits. Il reconnaît ainsi que les lignes d'égal volume (droites partout de l'origine) sont coupées en parties sensiblement égales par les isothermes équidistantes de 10° de l'acide carbonique et de l'éthylène, sauf les deux premières, et cela tout aussi bien dans la partie la plus compliquée du réseau qu'à travers les parties sensiblement parallèles et régulières des courbes. Il en déduit une équation d'état $\varphi(p,v,t) = 0$, comprenant comme cas particulier la formule de Van der Waals, pouvant se réduire pour les grandes valeurs de p à la forme $p(v - \alpha) = b$, et dont la concordance avec les données expérimentales est beaucoup plus grande dans l'ensemble que quand on prend les formules de Clausius ou de Van der Waals.

Les recherches relatives à la compressibilité des fluides entraînent nécessairement celles de la déformation des enveloppes. Il y a là une difficulté analogue à celle de la dilatation des vases dans l'étude de la dilatation absolue des liquides. La méthode généralement suivie consiste à déterminer la variation de volume intérieur d'un piézomètre comprimé par l'extérieur et à en déduire le coefficient de compressibilité au moyen de la formule théorique donnant la déformation dans ce cas. Malgré le mérite des formules de l'élasticité, il n'est pas superflu de les vérifier et, d'autre part, elles contiennent le coefficient de Poisson auquel, depuis Wertheim, on a souvent attribué une valeur erronée. D'autre part, enfin, la déformation des piézomètres deviendra un élément facile à déterminer si l'on connaît avec certitude le coefficient de compressibilité du mercure.

Amagat a consacré à l'élasticité des solides et à la compressibilité du mercure un admirable mémoire montrant que, dès 1881-82, il s'était rendu maître de la mesure exacte des pressions atteignant 2000^{atm}. Après avoir vérifié, dans le cas du cylindre circulaire à bases planes, les formules de l'élasticité et avoir déterminé sur le verre, le cristal, l'acier, le cuivre, le laiton, le métal Δ et le plomb le coefficient de Poisson et le coefficient de compressibilité, il reprend et pousse cette fois jusqu'à 2000^{atm} la détermination exacte du coefficient de compressibilité du verre et du cristal par un procédé qui a l'avantage d'être indépendant de toute théorie et qui rappelle la mesure de la dilatation cubique au moyen de la dilatation linéaire. Il constate que la diminution du coeficient de compressibilité du verre et du cristal est à peine sensible, ne se montrant guère que dans les moyennes, les nombres ainsi trouvés étant sensiblement identiques aux nombres donnés par les méthodes qui reposent sur les formules de l'élasticité. Enfin, le coefficient de compressibilité du verre et du cristal est déterminé à 0°, 100° et 200°.

Pour avoir la compressibilité absolue du mercure, Amagat se sert de longs piézomètres en verre et en cristal chargés de mercure, qu'il comprime simultanément par l'intérieur et par l'extérieur pour avoir la compressibilité *apparente;* il en déduit la compressibilité du mercure par différence.

Ainsi armé, Amagat publie en 1893 son grand mémoire sur l'élasticité et la dilatabilité des fluides jusqu'aux très hautes pressions. Ces recherches complètent les études antérieures, dans lesquelles les limites de pression et de température étaient trop restreintes et les isothermes trop peu nombreuses pour apercevoir certaines propriétés qui ressortent clairement de ces nouvelles expériences faites surtout en vue des pressions très élevées.

Grâce aux perfectionnements qu'il a apportés au manomètre de Gally-Cazalat, Amagat enseigne le moyen de mesurer correctement des pressions pouvant dépasser 3000^{atm}. Pour étudier la compressibilité des gaz sous des pressions aussi formidables et éviter la rupture des piézomètres, il comprime ceux-ci intérieurement et extérieurement en les enfermant dans un bloc suffisamment résistant. Les volumes sont alors mesurés par la *méthode des contacts électriques* de Tait. Au contraire, la *méthode des regards* lui permet d'opérer jusqu'à 360° et 1000^{atm}. Ces deux méthodes sont maintenant classiques et enseignées dans tous les cours de spéciales.

La masse de chaque fluide ayant été déterminée, Amagat réduit tous les volumes à ce qu'ils seraient si cette masse était celle de l'unité de volume à zéro sous la pression d'une atmosphère. Les tableaux, sans exception, sont rapportés à cette unité, les coordonnées étant toujours PV et P.

Amagat retrouve ainsi les traits généraux du mémoire de 1881. Le lieu du minimum de PV est une parabole à axe horizontal. La forme des isothermes, au delà de l'ordonnée minima, est légèrement courbe et correspond à un évasement du réseau dans la partie relative aux températures inférieures. Cet évasement disparaît graduellement quand la température s'élève. Les coefficients $\frac{\Delta V}{\Delta t}, \frac{\Delta P}{\Delta t}, \frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta t}, \frac{1}{P}\frac{\Delta P}{\Delta t}$ y sont l'objet d'une étude détaillée. L'anhydride carbonique est étudié très complètement quant aux états saturés. La méthode des contacts électriques est appliquée à 12 liquides jusqu'à 3.000^{atm} et entre 0° et 40 ou 50°; elle montre que, pour tous, le coefficient de compressibilité diminue à température constante quand la pression augmente.

L'eau faisant exception à la plupart des lois relatives à la compressibilité et à la dilatation, son étude forme un mémoire à part et les séries de mesures sont faites à 10 températures différentes. Chose curieuse, pour l'eau comme pour les autres liquides, le coefficient de compressibilité décroît régulièrement quand la pression croît à température constante. D'autre part, sous l'influence de la pression, la température du maximum de densité rétrograde; elle est déjà légèrement au-dessous de 0° sous la pression de 197 atmosphères.

Les grands travaux expérimentaux d'Amagat étaient terminés. Ils lui avaient valu l'admiration unanime du monde scientifique, particulièrement à l'étranger. Les Sociétés royales de Londres et d'Edimbourg lui avaient ouvert leurs portes. L'Académie des Sciences de Paris le nomma Correspondant pour la Section de Physique et l'Ecole polytechnique le nomma répétiteur, l'astreignant ainsi au séjour de Paris. Professeur à l'Université catholique de Lyon, Amagat avait exécuté ses recherches dans cette ville ou dans les environs. Venant à Paris, il dut quitter son laboratoire; en fait, cette séparation fut définitive. Il avait en main un nombre immense de données numériques dont il n'avait pas tiré tout le parti possible. Leur mise en valeur fut l'œuvre des 21 dernières années de sa vie, œuvre de coordination, de rédaction, qui aura été singulièrement profitable à la Physique. Il le sentait si bien qu'il lui a donné la forme d'une petite brochure de 146 pages intitulée : « Notes sur la Physique et la Thermodynamique ». Dans ces Notes un peu diverses, trois sujets se détachent nettement que l'auteur a traités avec une prédilection marquée : les chaleurs spécifiques des gaz, la pression intérieure des fluides et les états correspondants. Ils méritent qu'on s'y arrête un instant.

Nos connaissances relatives aux valeurs de $\frac{C}{c}$ ont été longtemps bornées à quelques gaz sous la pression atmosphérique et à une température rarement supérieure à la température ambiante. M. Joly, de Dublin, ayant réussi, par une méthode ingénieuse, à mesurer la chaleur spécifique à volume constant de l'acide carbonique entre 0° et 100° et sous des pressions voisines de 100^{atm}, Amagat a pu tirer $\frac{C}{c}$ de la formule $C - c = AT\frac{dp}{dt}\frac{dv}{dt}$ à l'aide de ses expériences et montrer l'énorme variation de $\frac{C}{c}$ à 50° pour des pressions comprises entre 50 et 100^{atm}. Dans un autre travail, il met en évidence la discontinuité de la chaleur spécifique quand on passe à saturation de la chaleur spécifique du liquide à celle de la vapeur saturée; la *réfraction* qui se produit pour les

isothermes et les adiabatiques quand on traverse la courbe de saturation se produit également pour les courbes d'égale chaleur spécifique.

Dans une autre série de recherches, Amagat se propose, en s'appuyant uniquement sur les lois expérimentales, de trouver une expression du terme appelé *pression intérieure* dans les diverses équations d'état. Il étudie d'abord la fonction $\pi = T\frac{dp}{dt} - p$, qui le conduit à représenter d'une façon très satisfaisante les isothermes de l'hydrogène; π ayant donné des valeurs négatives de la pression intérieure, il la remplace par la fonction $\Pi = \frac{p_0 v_0}{v} - p = \frac{3}{2}\frac{W}{v}$, obtenue au moyen du viriel des forces intérieures. Or la différence $\pi - \Pi$ atteint des valeurs énormes pour les grandes valeurs de la pression; on est donc conduit à une contradiction formelle. Pour y échapper, Amagat fait des efforts incroyables. Il remarque d'abord qu'à partir d'une certaine distance intermoléculaire, et pour des valeurs plus grandes, les valeurs de π sont rigoureusement en raison inverse des carrés des volumes. Il en est de même pour la fonction Π, mais pour des volumes infiniment plus grands.

Il parvient enfin à résoudre la difficulté au moyen d'une hypothèse telle que, quand la loi du carré du volume est observée, l'attraction intermoléculaire est en raison inverse de la 4e puissance de la distance. Enfin, en écrivant que la loi du carré du volume se vérifie rigoureusement au zéro absolu, il obtient très simplement une détermination aussi précise qu'inattendue de ce point remarquable.

Pour être moins considérable, l'effort fait par Amagat dans le domaine des états correspondants n'a pas été moins heureux. D'une manière indépendante de toute théorie et sans faire intervenir les constantes critiques, il a donné une vérification d'ensemble de la loi des états correspondants à l'aide de ses réseaux d'isothermes. Transformer ces réseaux en réseaux *réduits*, cela revient à un changement d'échelle sur les axes de coordonnées; par un changement convenable, on devra toujours pouvoir rendre l'un des réseaux semblable à l'autre; il suffira alors d'agrandir ou de diminuer ce réseau demeurant semblable à lui-même pour que sa coïncidence avec l'autre soit possible. Les réseaux *réduits* de l'acide carbonique, de l'air et de l'éther, d'une part, de l'acide carbonique et de l'éthylène, d'autre part, sont dans tous les livres de Physique. Ce travail est devenu classique à juste titre.

Toutefois, la coïncidence des réseaux, très satisfaisante à l'œil, n'est pas rigoureuse en fait, comme le montre le lieu du minimum de PV dans le cliché relatif à l'acide carbonique et à l'éthylène. Il s'ensuit que les applications qui supposent la coïncidence rigoureuse, comme la détermination des constantes critiques de l'un des corps, les constantes critiques de CO^2 étant supposées connues, peuvent donner des résultats simplement approchés.

Outre les trois sujets dont il vient d'être question, Amagat a traité bien des points des domaines de l'optique, de l'électricité, de la thermodynamique expérimentale. C'est ainsi qu'il a montré qu'on peut faire cristalliser à la température ordinaire le bichlorure de carbone C^2Cl^4 sous l'action de la pression seule. Cette belle expérience, qui a eu du retentissement en son temps, apparaît maintenant comme une vérification des lois du déplacement de l'équilibre; quand on sait que C^2Cl^4 solide est plus dense que le liquide de fusion, on peut prévoir le résultat et affirmer inversement que l'eau comprimée, refroidie au-dessous de zéro et décomprimée lentement, doit cristalliser.

Ce n'est qu'après la vérification par Amagat de la forme parfaitement droite du diamètre de la courbe des densités de CO^2, entre 0° et 31°,3, que l'on a admis, en France, la réalité de la loi du diamètre rectiligne; pour cette seule raison, le tribut de reconnaissance que je dois à sa mémoire est infini.

A la mort d'Alfred Cornu, l'Académie des Sciences de Paris lui ouvre ses portes, malgré les mérites exceptionnels d'un concurrent qui n'est autre que Pierre Curie. Depuis cette époque, il partage son temps entre ses travaux et ses fonctions d'examinateur d'admission à l'Ecole polytechnique, dans l'exercice desquelles la bienveillance est sa vertu dominante.

Au point de vue historique, Amagat est en France le digne successeur de Regnault, c'est-à-dire du physicien voué à l'étude des questions de Thermodynamique expérimentale. Lorsqu'on lit ses mémoires, on est subjugué par sa poursuite obstinée de la précision des mesures, par son souci de vaincre des difficultés matérielles en apparence insurmontables, par les précautions prises pour arriver à la certitude expérimentale. Il discute, avec une maîtrise que l'on sent sûre d'elle même, les recherches expérimentales les plus délicates. Dans l'étude de la compressibilité des gaz très raréfiés, une erreur de $\frac{1}{50}$ de millimètre dans la mesure de la pression fait varier le produit PV de plusieurs millièmes de sa valeur; or, l'admirable concordance des mesures prouve qu'en général Amagat a su tirer de ses appareils une précision qu'on ne pouvait pas en espérer. Constructeur admirable, il était un expérimentateur hors de pair.

Dans la vie ordinaire, Amagat était la simplicité et la modestie mêmes; toujours accueillant aux jeunes, son intimité était exquise. A tous les points de vue, c'est une grande et belle figure qui s'en va, et le vide qu'elle laisse après elle sera malaisé à combler.

E. Mathias,

Doyen de la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand,
Directeur de l'Observatoire du Puy de Dôme.

§ 2. — Art de l'Ingénieur

A propos de l'incendie de "la Touraine": l'emploi des gaz brûlés à l'extinction des incendies, et aussi à la fumigation. — Le feu qui s'est récemment déclaré dans l'une des cales de *la Touraine*, lors d'un de ses voyages de retour de New-York au Havre, a rappelé l'attention sur les divers moyens qui ont été proposés pour éteindre les incendies à bord des navires.

L'emploi de l'eau peut causer une grande détérioration des marchandises accumulées dans les cales; quelques-unes, comme le charbon, les grains, le coton, la laine, retardent la percolation de l'eau. L'effet de ce liquide est donc incertain, et quelquefois même dangereux si les conditions sont favorables à la production de gaz à l'eau.

En général, on préfère recourir au moyen qui consiste à chasser l'air, en totalité ou en partie, de l'espace clos où le feu a pris naissance. On sait, en effet, que la plupart des flammes s'éteignent dans une atmosphère où la proportion d'oxygène est tombée au-dessous de 15 %; seule la flamme du gaz d'éclairage se maintient encore dans une atmosphère contenant 11,4 % d'oxygène.

Pour chasser l'air, on emploie soit la vapeur d'eau, soit un gaz non comburant comme l'anhydride carbonique ou sulfureux. La vapeur n'est pas un bon extincteur, parce qu'elle se condense rapidement et ne peut remplacer l'air d'un espace clos qu'à moins d'être fournie en grande quantité, ce qui élève considérablement la température des marchandises. Les gaz extincteurs, à bord des navires, sont généralement contenus dans un réservoir, situé dans la chambre des machines, d'où des tuyauteries peuvent les distribuer aux diverses cales. La capacité de ces installations doit être assez grande, car il faut fournir un courant continu de gaz non seulement pour éteindre l'incendie le plus rapidement possible, mais encore pour refroidir la masse chauffée et empêcher l'accès de l'air jusqu'à ce qu'elle soit revenue à la température ordinaire.

Pour se procurer ces grandes quantités de gaz, on a

proposé, il y a quelques années, de recourir aux gaz de la combustion des foyers de chaudières, qui se dégagent continuellement. En brûlant du coke ou du charbon dans un foyer de chaudière ordinaire, le gaz des cheminées contient en général 9 °/₀ d'oxygène au plus. Chaque tonne de charbon brûlé donne environ 12.000 m³ de ce gaz, qu'il suffit de purifier et de refroidir pour l'utiliser. Comme les autres gaz extincteurs, il n'entretient pas la vie animale et fournit par conséquent un excellent agent de fumigation; son action toxique sur les rats est augmentée par la petite quantité d'oxyde de carbone qu'il contient généralement. Enfin l'introduction dans ce gaz de vapeurs de formaldéhyde ou d'un autre désinfectant liquide lui confère des propriétés germicides.

M. G. Harker a récemment décrit l'application de ce procédé sur les navires[1]. La première installation complète du système a été faite sur un bateau de 4.470 tonneaux appartenant à la Colonial Sugar Refining Co. et faisant le commerce entre l'Australie et les îles Fidji. L'installation fournit 40 m³ de gaz par minute à chacune des cales d'environ 2.000 m³ de capacité; en tenant compte des pertes par diffusion et fuites, il faut une heure pour remplir chaque cale d'un gaz extincteur ou toxique. Si la cale est pleine de marchandises, il faut déplacer moins d'air et l'opération est plus rapide.

On a objecté à l'emploi des gaz de cheminées le fait qu'ils n'éteindraient pas les incendies de charbon, dans les soutes d'un navire. M. F. Edwards a récemment étudié cette question sur une installation expérimentale érigée à Londres, et il a éteint facilement de grandes masses de charbon incandescent au moyen d'un gaz de cheminées contenant environ 9 °/₀ d'oxygène.

Le Service de l'Hygiène publique et des Hôpitaux marins des Etats-Unis vient, d'autre part, d'adopter ce système pour ses opérations de quarantaines. Deux de ses bateaux ont été munis d'installations pour la prise des gaz, leur purification et leur refroidissement. Ils les distribuent ensuite aux navires à désinfecter au moyen de tuyaux flexibles, après addition d'aldéhyde formique. Le gaz des cheminées, outre son faible prix, a l'avantage de ne contenir aucun élément corrosif; les vaisseaux peuvent par conséquent être désinfectés avec les marchandises à bord sans crainte de détérioration.

§ 3. — Physique

La précipitation électrique des particules suspendues dans les fluides. — Pour enlever les fumées ou les poussières en suspension dans les gaz ou les liquides, il faut communiquer à leurs particules une vitesse plus ou moins grande. Les gaz ou liquides traversent généralement une chambre de précipitation avec une certaine vitesse, dite vitesse longitudinale, V_l; en donnant à la matière suspendue une vitesse transversale indépendante de la vitesse du fluide, on provoque sa précipitation. La précipitation résulte donc de l'application aux fumées ou aux poussières de forces différentielles.

Des exemples de l'action de ces forces différentielles nous sont donnés par l' « abattement » dû à la pesanteur, à la force centrifuge (souvent appliquée dans les carneaux par l'emploi de changements brusques de direction des courants gazeux, ou dans les ventilateurs et machines centrifuges), à l'action directe de champs électriques ou magnétiques, ou aux méthodes d'ionisation employées dans la précipitation électrique par effet « corona ».

M. W. W. Strong[2] vient de montrer que, dans toutes ces méthodes de précipitation de la fumée et des poussières, l'énergie nécessaire peut être calculée au moyen de la loi de Stokes, pourvu que l'on connaisse la dimension des particules suspendues ou leur rayon a, leur densité d, leur vitesse V_l et le coefficient de viscosité μ du milieu. L'auteur arrive, pour une chambre de précipitation de longueur L et de hauteur l en cm., à l'expression suivante donnant en ergs par seconde l'énergie nécessaire à la précipitation :

$$E_p = \frac{0{,}2\ l^3 d\ V_l^2}{L}\left(\frac{0{,}16\ \pi\ a^3 V_l}{3L} + 6\ \pi\mu\ a\right).$$

Dans le cas de la fumée et de la plupart des poussières, a est faible, de sorte que le terme $0{,}16\ \pi\ a^3 V_l/3L$ est négligeable. La formule devient alors :

$$E_p = \frac{1{,}2\ \pi\mu a l^3 d V_l^2}{L}$$

C'est dans ce cas que la précipitation électrique paraît spécialement adaptée.

Dans la pratique, il serait désirable de faire la chambre de précipitation aussi grande que possible, mais l'équation ci-dessus montre que cela est impossible, car l y figure au cube. On voit également que V_l, qui figure au carré, ne peut pas être augmenté beaucoup, même en accroissant L. La plus grande efficacité s'obtient donc en réduisant l et V_l autant que possible. En pratique, l ne devra pas excéder 12,5 à 15 cm. et V_l 2,5 à 3 m. par seconde. Des expériences faites par l'auteur ont montré que, dans les conditions les plus favorables, environ 5 °/₀ de l'énergie électrique utilisée peuvent être convertis en E ; le rendement électrique dans les réactions chimiques telles que l'oxydation de l'azote de l'air est du même ordre de grandeur.

L'auteur a fait une étude particulière de la précipitation par effet « corona » autour d'un fil chargé électriquement et fixé axialement dans un cylindre. Dans ce cas, il montre que 10 °/₀ de l'énergie de la décharge peuvent être employés directement à la précipitation d'une fumée, et que ce rendement pourrait être accru.

§ 4. — Botanique

L'œuvre du reboisement en Algérie. — Le *Bulletin de la Station de recherches forestières du Nord de l'Afrique* vient de publier les principaux résultats d'une enquête faite par ordre du Gouverneur général sur l'œuvre du reboisement en Algérie.

Cette œuvre paraît avoir commencé en 1851 et 1852 autour d'Orléansville, mais c'est surtout à partir de 1880 qu'elle s'est poursuivie avec méthode et activité.

De 1851 à 1910, on a dépensé en Algérie pour travaux de reboisement 1.797.602 francs, dont près de la moitié depuis 1901, date de l'émancipation financière de la colonie. Ces dépenses se sont traduites par 8.826 hectares de surfaces parcourues et 5.406 hectares de surfaces boisées, soit une réussite de 61 °/₀ et une dépense unitaire de 332 fr. 50 à l'hectare.

Sur les 5.400 hectares ainsi acquis au boisement artificiel, la moitié environ sont aujourd'hui couverts de peuplements mêlés. Parmi les essences à l'état pur qui constituent le surplus, deux dominent avec des chiffres notablement disproportionnés à ceux des autres espèces : le chêne-liège, introduit sur environ 1.500 ha., et le pin d'Alep sur 1.100, contre 35 ha., par exemple, consacrés aux eucalyptus, 20 aux acacias australiens, 20 aux cèdres, 10 au frêne, 5 au châtaignier.

Cette préférence, accordée, semble-t-il, sans concert ni impulsion préalable, tient sans doute à deux causes simples : le pin d'Alep, d'une part, est l'essence à la fois la plus répandue et la plus complaisante de ce pays; elle permet de reboiser rapidement, presque toujours à bon compte, et en tout cas dans les conditions les plus diverses. Quant au chêne-liège, c'est l'essence la plus précieuse du Nord africain, la plus tentante, par conséquent, pour un régisseur soucieux d'augmenter la valeur foncière et le rendement futur de son domaine.

Les 5.400 ha. créés jusqu'en 1910 en Algérie font tous

1. *Journ. of the Soc. of Chemical Ind.*, t. XXXIV, n° 4, p. 157-159 (27 févr. 1915).

2. *Proc. of the American Inst. of Electrical Engineers*, t. XXXIV, n° 2, pp. 229-236 ; février 1915.

partie de forêts anciennement classées comme telles, et à part d'insignifiantes exceptions aucune de ces surfaces n'a été traitée en vue de porter remède à un danger public. En somme, on ne doit pas parler, jusqu'ici, de « périmètres de reboisement ».

L'œuvre entreprise a surtout été de démonstration, et en certains cas d'agrément et d'esthétique. On est arrivé à prouver d'abord que la substitution de l'état boisé à l'état nu, indépendamment de la valeur économique que peut avoir cette opération, est possible dans tous les cas et malgré toutes les difficultés. Puis un certain nombre de notions pratiques propres à l'éducation de chaque essence ont été dégagées. La précaution capitale est d'opérer les semis, aussi bien que les plantations, en automne, dès après les premières pluies. Ce n'est pas le sol qui est ingrat ici, c'est l'atmosphère, et il faut donner à l'organisme végétal le plus d'avance possible sur la dangereuse crise de l'été. Un autre précepte est la précaution d'installer chaque essence dans son sol choisi : il en est d'indifférentes, comme le pin d'Alep, mais la plupart des autres ont à ce point de vue des exigences qu'on ne méconnaîtra plus.

Mais si l'œuvre passée a rendu de précieux services, il est probable qu'elle va se poursuivre dans une direction différente. La question des « périmètres », à peine ellleurée avant 1910, a pris depuis une ampleur que justifie l'inquiétante déforestation des montagnes algériennes. Là est sans doute l'avenir presque illimité du reboisement. Régions généralement moins fertiles, de culture toujours difficile, de moindre valeur par conséquent; nécessité, pour éviter la dégradation progressive du sol, les éboulements, la divagation des cours d'eau, et les inondations en aval, de maintenir boisées les pentes supérieures; tout démontre que la forêt est mieux à sa place en montagne qu'en plaine. Cette notion s'est imposée avec tant de force qu'une dotation de près de 800.000 francs a été mise à la disposition d'un service spécial, avec mission de réaliser un certain nombre de périmètres de reboisement déjà constitués au point de vue légal. L'avenir montrera les résultats de cette nouvelle période de l'œuvre du reboisement algérien[1].

§ 5. — Zoologie

Le dimorphisme dimensionnel des spermatozoïdes et ses relations avec les chromosomes. — Les études cytologiques ont montré que, dans les divisions de maturation d'un grand nombre d'espèces d'animaux, les cellules qui donnent naissance aux spermatozoïdes sont de deux sortes, différant l'une de l'autre par la nature de leur teneur en chromatine. On en a déduit que les spermatozoïdes formés sont aussi de deux espèces, et on a supposé que les œufs fertilisés par une de ces espèces produisent seulement des mâles, tandis que les œufs fécondés par l'autre espèce produisent des femelles. La preuve expérimentale directe de cette hypothèse a été jusqu'à présent impossible, parce que les différences signalées ne portaient que sur les spermatozoïdes immatures.

Il était intéressant de savoir si deux espèces peuvent être mises en évidence chez les spermatozoïdes fonctionnels murs. Deux savants américains, MM. Ch. Zeleny et E. C. Faust, ont étudié ce problème au Laboratoire de Zoologie de l'Université de l'Illinois[1]. Ils sont partis de l'idée suivante : s'il y a une différence dans la quantité de chromatine reçue par les deux sortes de spermatozoïdes, il est naturel de s'attendre à une différence correspondante dans les dimensions des têtes des spermatozoïdes complets, car celles-ci sont constituées presque entièrement de chromatine.

Les auteurs ont donc mesuré les longueurs des têtes des spermatozoïdes de quinze espèces d'animaux, appartenant aux ordres des Diptères, des Hétéroptères, des Coléoptères, des Orthoptères, des Odonates, des Amphibies, des Reptiles et des Mammifères. Pour une seule détermination, le nombre des mesures a varié de 322 à 1.008, avec une moyenne de 523, en comprenant dans chaque cas les spermatozoïdes d'un seul testicule. On a constaté une grande variation de longueurs; mais, si l'on porte en courbes les variations des fréquences, on obtient, pour

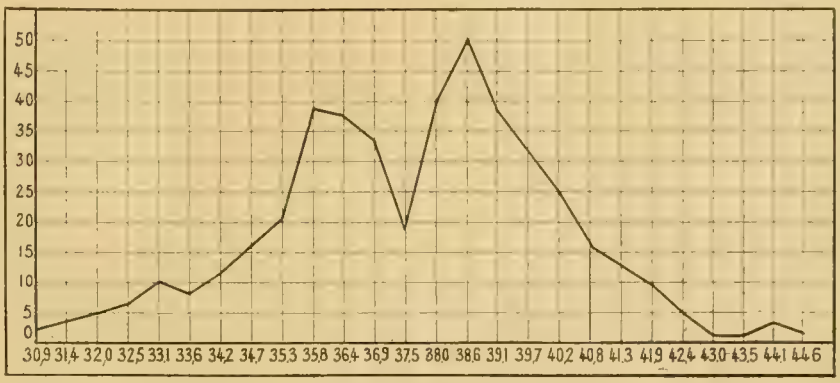


Fig. 1. — *Distribution de la fréquence des longueurs des têtes de 444 spermatozoïdes du testicule droit de* Musca domestica.

14 espèces sur 15, des courbes distinctement bimodales; la figure 1 représente, comme exemple, la courbe relative à la *Musca domestica*. On en conclut qu'au point de vue de la dimension il existe deux groupes de spermatozoïdes fonctionnels chez les espèces étudiées.

La relation étroite entre le dimorphisme chromosomien des spermatides et le dimorphisme dimensionnel des spermatozoïdes adultes résulte des considérations suivantes : si l'on connaît le volume de la substance chromosomique dans chacune des deux espèces de spermatides, on peut en déduire par le calcul le rapport entre les longueurs des têtes des spermatozoïdes résultants, en supposant que le volume des têtes est directement proportionnel à la quantité de chromatine reçue, et que la forme est la même pour les diverses dimensions. Pour trois des espèces étudiées, *Musca domestica*, *Alydus pilosulus*, *Anasa tristis*, on possède de bonnes figures des chromosomes dans les divisions du spermatocyte, d'où l'on peut déduire assez approximativement le volume de la substance chromosomique chez les deux espèces de cellules; on en déduit par le calcul le rapport probable entre les longueurs des têtes des spermatozoïdes résultants. Or, les valeurs observées et calculées concordent remarquablement :

	Rapport calculé	Rapport observé
Musca domestica.....	1,00 : 1,08	1,00 : 1,07
Alydus pilosulus.....	1,00 : 1,06	1,00 : 1,055
Anasa tristis.....	1,00 : 1,11	1,00 : 1,09

Il y a certainement des erreurs considérables dans les mesures de quantités aussi minimes; mais, d'une façon générale, l'existence d'un dimorphisme dimensionnel chez les spermatozoïdes murs et sa dépendance du

1. T. I, n° 2, p. 35 (30 décembre 1914).

1. *Proc. of the National Acad. of Sciences*, t. I, n° 2, p. 91-94 (févr. 1915).

dimorphisme chromosomique des spermatides ne sauraient être niés. Si cette conclusion est correcte, l'hypothèse que le dimorphisme chromosomique est en relation avec la détermination du sexe pourra être soumise à l'épreuve directe dès qu'on aura trouvé une méthode pour séparer les différentes dimensions de spermatozoïdes vivants. C'est à quoi MM. Zeleny et Faust s'emploient actuellement.

§ 6. — Géographie et Colonisation

Les colonies allemandes en Russie. — On sait que M. Maklakov a déposé devant le Conseil des ministres russes un projet de loi interdisant dorénavant aux Allemands et aux Autrichiens l'acquisition de terres dans les régions non urbaines des 25 provinces adjacentes à la mer Baltique, à la mer Noire et à la mer d'Azof. Dans les mêmes régions, les Allemands naturalisés Russes et leurs descendants seront également expropriés des propriétés immobilières acquises depuis le 14 juin 1870, date de la loi allemande qui permet aux Germains naturalisés à l'étranger de conserver leur nationalité allemande.

L'examen de la très intéressante carte ci-jointe (fig. 1), reproduite d'après la *St. Petersburger Zeitung*, organe de la colonie allemande de Pétrograd, fait ressortir aussitôt à l'évidence les raisons de ces mesures au premier abord draconiennes. On voit, en effet, que non seulement la région où se déroulent actuellement les opérations militaires est parsemée de colonies allemandes, mais qu'à partir de la frontière prussienne et de la Pologne la « pénétration pacifique » teutonne a procédé vers l'Est comme une avalanche, en particulier tout le long de la ligne stratégique de Varsovie à Kiev, Odessa et Sébastopol.

Il n'est pas douteux qu'on ne se trouve en face d'un plan arrêté d'avance et méthodiquement exécuté, probablement avec le concours financier du Gouvernement allemand, sous forme d'avances aux agriculteurs qui allaient s'établir dans les régions qui leur étaient recommandées et former des colonies propres à servir de bases militaires dans l'éventualité d'une invasion.

En Bessarabie, en 1911-1912, plus de 12.000 hectares ont été acquis par des colonisateurs allemands, et on a noté les efforts de personnes de nationalité russe, mais d'origine allemande, pour acquérir des propriétés dans les localités importantes au point de vue stratégique. Le chemin de fer en construction dans cette province passe exclusivement par les colonies allemandes et évite les centres russes; cette étrange circonstance s'explique par le fait que le tracé de la ligne a été établi avec la coopération du zemstvo local, qui est entièrement entre les mains des Allemands d'origine.

Devant cet envahissement dont le but caché apparaît maintenant au grand jour, on comprend que la Russie tienne à se défendre et recoure à des mesures énergiques.

Fig. 1. — *Densité de la population allemande et colonies allemandes en Russie.*

LES PREMIERS SOINS A DONNER AUX BLESSÉS

ET LEUR MODE D'ÉVACUATION

Parmi les multiples questions qu'a eu à envisager la direction du Service de Santé, une des plus importantes et des plus complexes est assurément celle qui a trait aux premiers soins à donner aux blessés et à leur mode d'évacuation. Jamais on n'a vu une guerre mettant en présence des masses d'hommes aussi considérables que la guerre actuelle. Ce n'est plus par milliers, ou par centaines de mille, c'est par millions que se comptent les effectifs. C'est donc un nombre énorme de blessés qu'il faut panser et évacuer. Le problème est encore rendu plus complexe par la nécessité où se trouve le service médical de ne pas entraver les transports des troupes combattantes et du matériel nécessaire à leur ravitaillement, tant en vivres qu'en munitions. Ces transports doivent passer avant tout, car c'est d'eux que dépend l'issue du combat.

***

Nous plaçant au seul point de vue chirurgical, n'envisageant que l'intérêt du blessé, nous pouvons dire qu'il faut mettre celui-ci le plus rapidement possible entre les mains d'un chirurgien pourvu de ce qui est nécessaire pour le soigner. Plus tôt il sera pansé, plus vite et plus complètement il guérira, à une condition : c'est que par pansement nous n'entendions pas la simple application plus ou moins imparfaite, faite avec des mains sales, d'une compresse de gaze, fût-elle aseptique, sur une plaie non désinfectée. Les plaies de guerre sont presque toutes infectées, les unes souvent légèrement : celles par balles, les autres d'une manière à peu près constante et plus ou moins gravement : les plaies par projectiles d'artillerie, ce qui est dû à l'irrégularité et à la contusion de ces plaies, à la présence de projectiles et de débris de vêtements. Peut-être y a-t-il encore lieu d'attribuer un rôle à l'action du phosphore qui se trouve dans les obus et pourrait déterminer une véritable brûlure chimique. C'est une hypothèse qu'a soulevée M. Guntz, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

Compter sur une évolution bénigne, parler comme on l'a fait du peu de gravité des plaies dans les guerres modernes (on a été jusqu'à employer l'expression de balles humanitaires), espérer qu'on pourra, par un pansement aseptique simple, éviter l'infection ou tout au moins en retarder le développement et évacuer, très loin dans le territoire, les blessés après un simple empaquetage, de manière à déblayer immédiatement le théâtre des opérations et à arriver le plus rapidement possible à l'hospitalisation définitive, c'est une conception qu'on pouvait soutenir à la suite des relations faites après la guerre du Transvaal et après celle des Balkans. C'est celle qui a guidé, pendant la première période de la guerre actuelle, le Service de Santé. Les résultats ont été désastreux.

L'évolution des plaies est très différente de celle que l'on avait supposée. Leur infection est rapide, presque immédiate. Les lésions produites par les projectiles d'artillerie, éclats d'obus, balles de plomb des shrapnells, sont contuses, compliquées de la présence de corps étrangers (fragments de vêtements, terre, débris de projectiles). L'irrégularité des projectiles d'artillerie, leur vitesse moins grande au moment de la pénétration, le fait que souvent ils atteignent le soldat après avoir ricoché, tout se réunit pour nous éloigner de la plaie par balle qui, petite, pointue, arrivant avec une grande vitesse, fait à travers les parties molles un petit trou rond relativement peu infecté. Impressionnés par les résultats des guerres du Transvaal et des Balkans, où les plaies ont été surtout des plaies par balles de fusil, les médecins militaires ont pensé que, dans les guerres modernes, les plaies évolueraient simplement. De là leur idée qu'il était inutile d'avoir des formations réellement chirurgicales pourvues d'un personnel spécialisé et du matériel nécessaire. Les ambulances devaient être toutes pareilles, aptes à soigner un jour des blessés, le lendemain des fiévreux; elles étaient, dans une pareille conception, toujours prêtes à se suppléer l'une l'autre; elles constituaient, pour employer l'expression consacrée, autant d'organismes interchangeables, ce qui permettait d'en tenir une partie en réserve et de pouvoir toujours remplacer les ambulances en activité, lorsque ce remplacement devenait nécessaire.

Théoriquement, cette conception était parfaite : les blessés, pansés simplement, pouvaient être évacués immédiatement, un personnel non spécialisé était suffisant. Malheureusement, dans la pratique, les plaies aseptiques, produites par balles de fusil, n'ont pas été les plus nombreuses : plus des deux tiers des blessés de la bataille de la Marne ont été atteints par des projectiles d'artillerie; leurs plaies gravement infectées ont été

traitées comme des plaies aseptiques ou légèrement infectées; les résultats ont été nettement inférieurs à ce qu'ils auraient dû être, une plaie infectée demandant immédiatement un traitement chirurgical actif si l'on veut sauver des vies et des membres. Les plaies que nous observons à la suite des éclats d'obus ou des balles de plomb des shrapnells, sont infectées comme celles que l'on voyait dans les grandes guerres de la Révolution et du premier Empire; on se trouve dès lors, comme à cette époque, dans l'obligation d'intervenir rapidement. Larrey, dont l'expérience en chirurgie de guerre était considérable, insistait sur la nécessité des amputations immédiates; aujourd'hui nous n'amputons plus, nous avons des moyens de traitement conservateur; mais, tout en agissant d'une manière différente, nous devons suivre la règle posée par Larrey : *faire le traitement immédiat et complet de la plaie et ne plus nous borner à un pansement provisoire.* C'est le seul moyen que nous ayons d'arrêter les phénomènes infectieux.

Pour la presque totalité des plaies par projectiles d'artillerie et pour un certain nombre de plaies par balles de fusil, il est indiqué de débrider les foyers infectés, d'enlever les corps étrangers, les esquilles mobiles, de laver et de drainer les trajets. Les résultats sont encore meilleurs si l'on peut, dès l'arrivée du blessé, faire un examen radiologique qui permet de diriger les incisions avec un minimum de délabrements pour extraire les corps étrangers.

Ces diverses conditions se sont trouvées réalisées d'emblée, au cours de la guerre actuelle, dans un certain nombre de places où se trouvaient tout installés des hôpitaux avec leur matériel et qui, proches de la ligne de feu, ont pu recevoir rapidement, quelquefois même directement du poste de secours, les blessés apportés par des voitures automobiles. A Nancy, à Verdun, à Epinal, etc., les blessés ont été amenés rapidement dans des installations chirurgicales où se trouvait un personnel habitué aux interventions opératoires.

A la suite de la guerre de tranchées, véritable guerre de siège qui se poursuit depuis plusieurs mois, par la force des choses, de véritables formations chirurgicales se sont développées assez près de la ligne du feu. C'est ce qui existe actuellement à Popperinghe pour les Français, à la Panne pour les Belges. C'est ce qui n'a malheureusement pas toujours lieu, soit par impossibilité matérielle, soit parce que certains chefs d'ambulance non spécialisée, obéissant aux vieux errements, arrêtent pendant un temps plus ou moins long les blessés sans être à même de les traiter convenablement, ou au contraire les expédient au loin sans avoir fait le nécessaire. Un blessé grave, infecté, ne doit être expédié au loin que lorsqu'il a passé par les mains d'un chirurgien professionnel et même, si nécessaire, lorsqu'il a été hospitalisé pendant quelques jours de manière à être en état de supporter un transport prolongé. Ces conditions sont très facilement réalisables tant que durera la guerre actuelle de tranchées. Pour cela, il suffit qu'on réduise le rôle des ambulances mobiles actuelles et qu'on transporte le plus rapidement possible les blessés dans des ambulances immobilisées, pourvues de chirurgiens de métier et ayant la possibilité de déshabiller et de coucher les malades, ces deux conditions étant nécessaires pour assurer les soins indispensables.

Lorsque la guerre changera d'allures et deviendra une guerre de mouvements, la question sera un peu plus délicate; elle peut cependant être résolue en apportant simplement quelques modifications à l'organisation actuelle. Avant de les indiquer, nous croyons utile de rappeler brièvement cette organisation.

*
* *

La formation sanitaire la plus rapprochée de la ligne de feu est le *poste de secours*; il se trouve à une distance variable, de 800 à 1800 mètres du front, à la hauteur des réserves de régiment. En avant de lui, on ne trouve que des groupes de médecins aides-majors et majors, de médecins auxiliaires, d'infirmiers et de brancardiers, qui accompagnent la troupe dans tous ses mouvements, lui apportent par leur présence un réconfort moral, font sous le feu la relève des hommes atteints et les transportent jusqu'au poste de pansement, où sont donnés les soins de première urgence; autour de ces petits groupements viennent se réunir les blessés comme dans un nid, *nids de blessés.* De là ils sont transportés au poste de secours, soit dans des brancards à bras, soit sur des brouettes porte-brancards.

D'après le règlement du Service de Santé, le poste de secours doit borner son rôle au pansement des plaies, aux secours immédiats, à l'application d'appareils simples et provisoires pour les fractures. Pratiquement, il est même encore plus réduit. L'impossibilité où se trouve le médecin d'y faire un pansement sérieux, l'idée fixe des blessés qui est de s'éloigner le plus vite possible de la ligne de feu, font que bien souvent on se borne à y faire des pansements provisoires. Les hommes qui peuvent combattre sont renvoyés à leur unité après pansement; les autres sont évacués, soit à pied, soit portés sur des

Fig. 1. — *Disposition des divers échelons sanitaires de la ligne de feu à l'hôpital d'évacuation.*

brancards, soit en voiture, jusqu'à une formation plus stable, l'*ambulance*. Au nombre de 16 par corps d'armée, ces ambulances sont généralement partagées en deux groupes, chacun de 8; 8 ambulances sont déployées, 8 sont tenues en réserves. Ces ambulances, qui se trouvent à une distance de la ligne de feu variant de 8 à 10 kilomètres, sont dépourvues de matériel de literie.

De ces ambulances, les blessés sont transportés à la gare la plus proche où ils sont placés dans les trains sanitaires, quelquefois après avoir été pansés de nouveau à l'*hôpital d'évacuation*. Avec cette pratique, des blessés ont vu leur pansement renouvelé 3, 4 et même 5 fois sans qu'ils aient en réalité été pansés une seule fois comme ils auraient dû l'être. J'ai vu des blessés qui avaient tout d'abord mis leur pansement individuel, qui avaient été repansés au poste de secours, à l'ambulance, à l'hôpital d'évacuation, quelquefois même encore en cours de route, et qui, dans la réalité, n'étaient réellement nettoyés et pansés, dans le sens vrai du mot, qu'une fois arrivés à Paris. Jusqu'à ce moment on s'était contenté d'appliquer une série de fois des compresses plus ou moins aseptiques sur la plaie, sans jamais l'avoir drainée ni désinfectée.

Dans le but de remédier à cet état de choses, la Commission supérieure consultative du Service de Santé vient de proposer à M. le Ministre de la Guerre de modifier l'organisation jusqu'ici existante par l'*augmentation du nombre des voitures automobiles* affectées au transport des blessés et par la *création de formations sanitaires chirurgicales* intermédiaires aux services de l'avant et à ceux de l'arrière.

Ces formations sanitaires, à *personnel exclusivement chirurgical*, comprendraient deux chirurgiens et trois aides, choisis parmi les chirurgiens de carrière, les prosecteurs, aides d'anatomie, chefs de clinique chirurgicale ou internes en chirurgie; elles comporteraient une section d'hospitalisation de 100 lits et 5 tentes à double paroi, le tout transportable sur camion automobile. Une salle d'opération leur serait annexée. Le plus simple serait peut-être d'adopter pour ces formations, en la modifiant légèrement, l'installation opératoire que le Dr Marcille a réalisée et qui a déjà fait ses preuves. Cette formation mobile (fig. 2) est constituée par un camion de cinq tonnes chargé du matériel de pharmacie, d'instruments de pansement, camion traîné par une

Fig. 2. — *Salle d'opération sur fourgon automobile.*

remorque d'artillerie. La remorque comprend une cabane en bois pour les réserves de pansements, le garde-frein et une installation radiographique, un générateur de vapeur et un laboratoire de stérilisation à grand débit. Le générateur de vapeur permet en même temps de chauffer la salle d'opération constituée par une tente qui est dressée en arrière du laboratoire de stérilisation et dont l'éclairage est assuré par la source d'énergie électrogène du laboratoire de radiographie.

Pour obtenir de semblables formations un grand rendement, il nous semble indispensable d'y placer des équipes d'infirmiers étudiants en médecine, en état de préparer les blessés à l'opération, de les déshabiller avec les précautions nécessaires, de les laver, de les raser, etc.; en un mot, de les mettre en état de subir l'acte opératoire, les préparatifs étant souvent plus longs que l'acte opératoire lui-même.

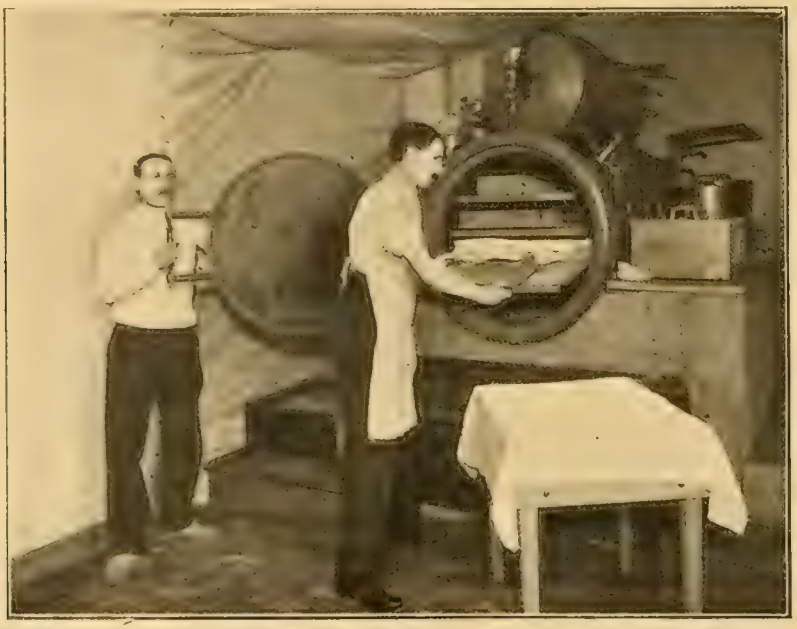


Fig. 3. — *Aspect de l'arrière du fourgon, formant le fond de l'intérieur de la salle d'opération.*

En période d'immobilisation, ces formations chirurgicales seraient adjointes aux ambulances organes d'armée. La bataille engagée, le médecin chef d'armée, d'accord avec la Direction des étapes et services, fixe l'endroit où elle doit s'installer. Elle s'y transporte rapidement, installe immédiatement sa salle d'opération et dresse ses tentes si elle ne trouve pas les locaux nécessaires à l'hospitalisation de ses blessés. En quelques heures elle est prête à fonctionner, à faire dans de bonnes conditions les opérations d'urgence et à assurer la désinfection méthodique des plaies, ce que ne peuvent faire, ce que ne font pas les ambulances mobiles actuelles avec leur installation insuffisante et leur personnel soi-disant bon à tout faire.

Ces formations, *exclusivement chirurgicales*, seront placées assez loin de la ligne de feu, pour ne pas être soumises aux fluctuations du combat et, si possible, auprès d'une voie ferrée, de manière à pouvoir évacuer immédiatement sur l'arrière les blessés qui auront reçu les soins indispensables et seront devenus transportables sans dangers.

Leur éloignement, plus grand que celui des ambulances volantes actuelles, sera sans inconvénients par suite de *l'augmentation du nombre des voitures d'ambulance automobiles* que la Commission a proposé de porter de 25 à 60 par corps d'armée. Avec ces voitures, les blessés mettront moins de temps pour se rendre du poste de secours à la formation sanitaire chirurgicale qu'ils n'en mettaient pour aller en voiture hippomobile aux ambulances de première ligne.

Le rôle de cette dernière peut et doit être restreint; il se bornera à trier les blessés, à les réchauffer, à les alimenter, à faire les injections de sérum antitétanique, au besoin des injections de morphine, à reviser les pansements simples, à compléter et à parfaire quelques appareils à fractures, ne retenant que les blessés intransportables et se bornant au point de vue opératoire aux interventions d'extrême urgence (arrêt des hémorragies, trachéotomie, séparation

de segments de membre qui ne tiennent plus que par quelques lambeaux de chair). Elle évacuera immédiatement sur des formations de l'arrière un grand nombre de blessés présentant des plaies sans gravité, dirigeant sur la formation chirurgicale spécialisée les blessés justiciables d'une intervention rapide. Son rôle étant diminué, cette ambulance de première ligne pourra être allégée, devenir encore plus mobile qu'elle n'est, ce qui n'est pas à dédaigner.

Nous avons l'espoir que M. le Ministre de la Guerre entrera dans les vues de la Commission et que les modifications nécessaires à apporter aux services sanitaires de l'avant seront rapidement réalisées, d'autant que la création des *formations chirurgicales spécialisées*, que nous demandons, est dans les vues d'un grand nombre de chirurgiens militaires, et qu'elle peut être réalisée en ne coûtant presque rien au budget.

(*A suivre*).

Dr Henri Hartmann,
Professeur de Clinique chirurgicale,
à la Faculté de Médecine de Paris,
Membre de la Commission supérieure consultative
du Service de Santé.

LA FIÈVRE PARATYPHOÏDE

Les circulaires du Service de Santé ne parlent plus de typhiques, mais de typhoïdiques, et cette expression paraît justifiée actuellement. Les maladies dites typhoïdiques sont, en effet, caractérisées par des symptômes cliniques communs, mais diffèrent étiologiquement, leurs agents pathogènes, tout en appartenant au même groupe bacillaire, présentant des réactions suffisantes pour en faire des espèces distinctes.

De tout temps, à côté de la fièvre typhoïde telle que l'a décrite si magistralement Louis en 1829, on a signalé des affections ayant les symptômes classiques de la maladie, mais présentant toutefois une marche plus rapide, une évolution plus bénigne; courbature fébrile, embarras gastrique fébrile, voire même fièvre muqueuse légère rentraient dans ce cadre.

La découverte du bacille d'Eberth, théoriquement, devait permettre de serrer le problème : mais l'isolement du bacille restait encore une technique difficile, et c'est surtout Widal qui, avec son séro-diagnostic[1], permit de limiter le champ de la fièvre typhoïde éberthienne.

Alors qu'Homolle écrivait jadis : « Toute maladie fébrile dans laquelle apparaît du septième au dixième jour une éruption de taches rosées est une fièvre typhoïde; toute fièvre continue qui, après dix ou douze jours, ne s'accompagne pas de taches roses n'est vraisemblablement pas une fièvre typhoïde », après la découverte de Widal on posait en principe que tout sérum de malade atteint de fièvre continue, depuis 8 à 10 jours, qui provoque l'agglutination d'une culture de bacille d'Eberth appartient à un typhique, alors qu'il ne s'agit vraisemblablement pas de fièvre typhoïde si l'agglutination ne se produit pas.

Dans la grande majorité des cas, la clinique et les nouvelles données de laboratoire marchaient

1. Dans le cas d'une fièvre typhoïde, si on mélange une goutte du sérum du malade avec *n* gouttes d'une culture jeune (24 heures) en bouillon de bacille d'Eberth et qu'on examine le mélange au microscope, on voit rapidement les bacilles perdre leur mobilité, se réunir en amas, s'agglutiner (fig. 2). La réaction est dite alors positive; elle est négative quand les bacilles conservent leur mobilité ou restent disséminés (fig. 1).

On désigne le degré de dilution par le nombre *n* de gouttes de bouillon mélangées avec la goutte de sérum. Au-dessous de 50 gouttes, soit au $\frac{1}{50}$, la réaction peut être positive, même avec des sérums normaux. Certains sérums typhiques, par contre, ont pu agglutiner au $\frac{1}{40.000}$. Quant à la nature du principe agglutinant, des agglutinines, elle est encore réellement inconnue.

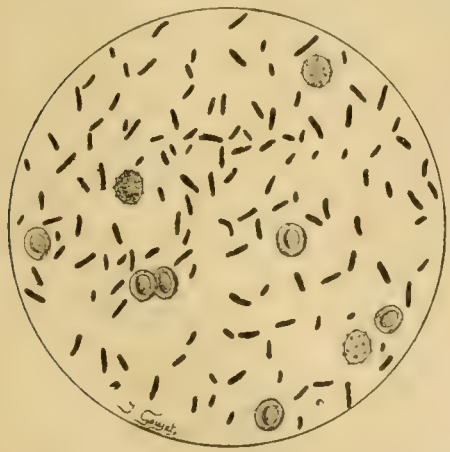


Fig. 1.
Bacille d'Eberth. Séro-réaction négative.
(Grossissement = 800 diamètres.)

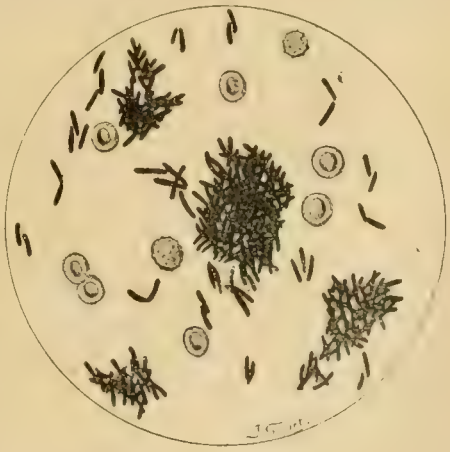


Fig. 2.
Bacille d'Eberth Séro-réaction positive.

de concert, mais cependant, comme toujours en médecine, un certain nombre d'observations jetaient le doute. Tel malade, avec tout le syndrome classique de la fièvre typhoïde, ne fournissait à aucun moment de son cycle un sérum agglutinant, ou bien encore on observait sur un malade ayant eu une fièvre typhoïde à une époque plus ou moins éloignée une nouvelle maladie du même genre, fait contraire au dogme de l'immunité acquise par une fièvre antérieure.

En 1896, un travail d'Achard et Bensaude mit sur la voie d'une série d'observations qui permirent de montrer que le désaccord entre la clinique et le laboratoire était simplement apparent.

Sur deux malades ayant eu le syndrome type de la fièvre typhoïde, mais chez lesquels le sérodiagnostic était toujours resté négatif, ces auteurs isolèrent un agent pathogène, très voisin du bacille d'Eberth, qu'ils désignèrent sous le nom de bacille paratyphique ; la maladie elle-même prit le terme d'affection paratyphoïde. Widal et Nobécourt, isolant un bacille identique chez un typhoïsant qui n'agglutinait pas l'Eberth, l'assimilèrent aux paracolibacilles que Nocard, Gilbert, etc., venaient de décrire.

Mais le bacille d'Achard devait rester le *Bacillus paratyphus* et désormais la nosologie comptait une maladie de plus, la paratyphoïde, ou plus exactement un groupe de plus, les paratyphoïdes.

I. — Etude clinique

Les paratyphoïdes représentent le type caractéristique des maladies pour lesquelles la symptomatologie ne permettra jamais un diagnostic précis sans la bactériologie.

Celle-ci prenant nécessairement le pas sur la clinique incertaine, il en est résulté que l'on a fait rentrer dans le cadre des paratyphoïdes toutes les affections provoquées par les agents pathogènes du groupe des salmonelloses.

Pour ne pas compliquer cette étude déjà si complexe, nous éliminerons immédiatement les maladies particulières aux animaux, et même les toxi-infections paratyphoïdes à type d'empoisonnements alimentaires, ne conservant que le type septicémique humain, celui qui prête à la confusion avec la fièvre typhoïde.

Le type septicémique se présente parfois sous un aspect assez bénin, répondant à l'embarras gastrique fébrile, ou bien il prend les allures d'une véritable dothiénentérie.

Quant aux accidents locaux, très fréquents avec le paratyphus, ils peuvent être localisés d'emblée principalement vers les voies biliaires, ou se produire au cours même de l'évolution septicémique.

Type d'embarras gastrique fébrile. — Ces formes sont surtout caractérisées par des troubles digestifs : langue saburrale, anorexie, diarrhée plus ou moins fétide ; la température s'élève rapidement au-dessus de 38° et se maintient avec de faibles oscillations pendant un septénaire ; la chute thermique est souvent brusque, mais parfois la température reste légèrement au-dessus de la moyenne.

Le pronostic est bénin ; toutefois l'apparition de taches rosées, assez rares d'ailleurs, peut toujours faire douter de la bénignité.

L'évolution est souvent si rapide, que le sérodiagnostic ne devient positif qu'après la disparition des symptômes morbides.

Type dothiénentérique. — En général l'infection à paratyphus B, même quand son évolution dépasse le type de l'embarras gastrique fébrile, a les allures d'une fièvre typhoïde atténuée ; c'est le type clinique de la fièvre muqueuse. Mais, si le pronostic est généralement favorable, il est toujours prudent de faire des réserves.

Quant à la symptomatologie, il suffit de lire les observations cliniques des nombreux auteurs qui ont écrit sur ce sujet pour se convaincre de l'impossibilité de formuler un diagnostic sur ces bases.

Le début serait plus brusque que pour la fièvre typhoïde ; la température monte brusquement à 40 et même 41°, pour tomber ensuite assez rapidement à 39 et même 38°5. Nos observations pendant cette campagne corroborent cette opinion ; souvent, chez les hommes ayant eu un accès presque foudroyant, le diagnostic bactériologique indiquait une paratyphoïde.

Le frisson, assez rare dans les débuts de la fièvre typhoïde, est souvent observé avec l'ascension brusque de la température.

La diarrhée et les vomissements pendant la période initiale plaident encore pour une paratyphoïde.

La rate, d'après Lentz, serait petite et dure, alors que nos observations, comme celles de Job et de beaucoup d'autres, ne permettent pas d'établir une différenciation avec la fièvre typhoïde.

Les taches rosées se rencontrent dans les deux affections ; peut-être dans la paratyphoïde sont-elles souvent peu abondantes, s'étendant parfois sur le tronc, voire même la face. On a particulièrement insisté sur leur apparition tardive, quelquefois même postérieure à la période d'hyperthermie, ou tout au moins persistant après la chute de la température.

Les symptômes nerveux, si nets parfois dans les fièvres typhoïdes graves, le tuphos, souvent si caractéristique de certaines épidémies, sont presque toujours très amendés dans la paratyphoïde.

Des deux complications si graves de la fièvre typhoïde, la perforation et l'hémorragie intestinale, la première est excessivement rare ; Thoinot et Ribierre, en 1913, déclaraient n'en avoir trouvé aucune relation ; quant à la seconde, elle a été observée parfois, mais ne présente presque jamais la forme récidivante si redoutée avec la fièvre éberthienne.

Parmi les complications, du même genre que celles observées dans la fièvre typhoïde : suppurations osseuses, séreuses, otites, parotidites, il y a lieu de signaler la fréquence des accidents biliaires, depuis l'ictère catarrhal bénin jusqu'aux cholécystites les plus graves. Dans certains cas, l'infection paratyphoïde reste d'emblée localisée dans cette région sans tendance à la septicémie. Mais il faut ajouter qu'une paratyphoïde peut débuter insidieusement par la constipation, présenter des taches rosées précoces abondantes, un état adynamique des plus graves, etc., alors qu'une fièvre éberthienne débutera par un frisson violent, une température de 40°, sans troubles nerveux et des taches rosées ne devenant apparentes que dans le troisième septénaire !

Cette courte étude symptomatologique suffit pour montrer que la clinique est réellement impuissante pour établir un diagnostic certain entre la paratyphoïde et la typhoïde, et d'autre part le pronostic pour la première étant de beaucoup plus favorable, tant au point de vue de la gravité que de la marche même de la maladie, on comprend l'importance d'un diagnostic bactériologique précoce.

II. — Diagnostic bactériologique

Les bacilles paratyphiques appartiennent au genre Coli-Eberth. Ce sont de petits bâtonnets, non sporulés, très mobiles grâce aux flagelles ondulées qui les garnissent, fixant fortement les couleurs d'aniline et décolorés par la méthode de Gram.

Pour reconnaître les paratyphiques des Eberth et des coli, il faut recourir à deux méthodes :

1° Isoler le bacille pathogène dans l'organisme même du malade ou dans ses excreta, le cultiver et déterminer sa spécificité par ses réactions biologiques ;

2° Utiliser les caractères propres que prend le sérum du malade vis-à-vis de cultures microbiennes nettement déterminées (Eberth, Paratyphus A et B).

1° On peut chercher à isoler le bacille paratyphique dans les selles, dans les urines, dans le sang et dans la bile ; on a même pu le chercher dans les taches rosées.

Nous ne pouvons nous étendre ici sur les techniques innombrables proposées pour obtenir une culture pure avec les selles des malades ou leurs urines.

L'hémoculture et la biliculture méritent cependant quelques lignes.

L'hémoculture est la méthode de choix : elle consiste à ensemencer un milieu approprié avec une certaine quantité de sang recueilli aseptiquement dans la veine du malade. Les insuccès sont venus très souvent de la petite quantité de sang prélevé ; il faut puiser avec une seringue de 15 à 20 cm³ et ensemencer dans des ballons de bouillon peptoné, ou mieux dans de la bile de bœuf, le milieu de culture de choix pour ces bacilles.

La biliculture, préconisée récemment par Carnot, va chercher le bacille dans la bile même, soit en faisant ingérer au malade 100 grammes d'huile d'olive stérile, et en retirant cette huile par un tubage gastrique au bout d'une heure. L'huile a provoqué une régurgitation de la bile dans l'estomac, et le tube ramène ainsi un liquide devant renfermer le bacille. Une autre technique consiste à faire avaler au sujet une sonde molle d'un mètre de longueur, munie d'un embout de verre. Le tube est laissé trois heures ; il y a des chances alors que son extrémité inférieure ait passé le pylore, comme un simple aliment. En tirant l'extrémité supérieure de la sonde maintenue en dehors de la bouche, on peut recueillir de la bile presque pure qui servira aux ensemencements.

Pour justifier une technique réellement pénible sur un malheureux typhoïsant, il faut savoir que l'hémoculture donne très souvent des résultats négatifs, parce que le bacille ne séjourne que fort peu de temps dans le sang ; il disparaît le plus souvent avec la chute de la température, quoique des auteurs autorisés affirment qu'une bonne technique permet de le déceler presque toujours jusque dans le troisième septénaire. Dans la bile, par contre, comme dans les fèces, le bacille persiste beaucoup plus longtemps. Quand l'hémoculture cesse de donner des résultats positifs, on peut encore retrouver le bacille dans la bile et la présence de ce dernier se constate longtemps encore pendant la convalescence. C'est surtout pour dépister les porteurs de germes, dont il sera question plus loin, que la biliculture présente un intérêt réel.

2° Le séro-diagnostic et le précipito-diagnostic

utilisent les caractères propres que prend le sérum d'un malade de déterminer l'agglutination d'une culture de bacilles spécifiques de cette affection.

Le séro-diagnostic est le procédé le plus commode, et par suite le plus fréquemment utilisé pour dépister le paratyphus.

Toutefois, la lenteur avec laquelle se développent les agglutinines dans le sang des malades est telle que c'est souvent vers le dixième ou quinzième jour seulement que la réaction devient positive, c'est-à-dire quand la maladie a fini son évolution clinique et que le sujet est en pleine convalescence.

Le séro-diagnostic permet-il de faire la distinction entre le bacille d'Eberth, le paratyphus A, le paratyphus B et le *Bacillus enteritis*?

En fait, les réactions agglutinantes n'ont pas dans la pratique la netteté exigée pour une réaction spécifique; intervient en effet la coagglutination, c'est-à-dire qu'un sérum d'un malade peut donner des agglutinations avec le bacille d'Eberth et avec le bacille paratyphique.

Il faut alors recourir à des agglutinations en séries, en recherchant le maximum de dilution agissant sur chacun des bacilles. En vertu de la loi dite de Lentz, c'est le microbe qui agglutine à la plus grande dilution et le plus rapidement qui doit être considéré comme l'élément pathogène.

Un sérum actif à $\frac{1}{500}$ pour le paratyphus B et qui n'agit qu'au $\frac{1}{40}$ pour l'Eberth doit appartenir à un paratyphique; mais il faut encore faire de grosses réserves.

Lorsqu'un sérum humain agglutine plus le bacille d'Eberth que les bacilles paratyphiques, il ne s'agit pas d'infection paratyphoïde, et si le diagnostic ne peut se faire qu'entre ces deux maladies, on peut conclure en faveur d'une infection éberthienne. Mais l'inverse n'a pas lieu : de ce qu'un sérum agglutine plus un paratyphique qu'un Eberth, on ne saurait conclure qu'on se trouve en présence d'une paratyphoïde.

Pour remédier aux incertitudes du séro-diagnostic, Castellani a préconisé le procédé de la saturation des agglutinines. Soit un sérum éberthien coagglutinant un paratyphique B; en faisant agir ce sérum jusqu'à saturation sur le bacille d'Eberth, on fait disparaître l'aptitude agglutinative pour les deux bacilles; sature-t-on par le para A, les coagglutinines propres à ce bacille sont seules supprimées et l'agglutination de l'Eberth, spécifique en l'espèce, continue à se faire à son taux normal.

Dans le cas d'infection mixte, la saturation par l'un des microbes ne toucherait que les agglutinines propres à ce microbe.

Cette méthode n'a pas donné dans la pratique clinique les résultats que pouvaient faire espérer ceux réalisés avec les sérums expérimentaux.

Le précipito-diagnostic repose sur le principe même de l'agglutination. Des cultures stérilisées par la chaleur ou le formol des divers microbes suspectés sont enfermées dans des tubes scellés à la lampe. Les corps bacillaires en suspension produisent un certain louche. Si on ajoute une goutte de sérum du typhoïsant, le tube renfermant le microbe correspondant donne lieu à un précipité très visible, en même temps que le liquide s'éclaircit. La réaction se produit souvent en une heure; quelquefois il faut attendre davantage.

La méthode très simple, évitant même l'emploi du microscope, a été très discutée. Dans notre hôpital de Clermont, le Dr Caillé, en faisant systématiquement le séro et le précipito-diagnostic, a pu constater que presque toujours les deux réactions coïncident.

Malgré les quelques incertitudes subsistantes, le procédé du précipito-diagnostic paraît devoir donner d'excellents résultats en campagne ou même pour le praticien.

III. — Typhoïde et Paratyphoïdes

La fièvre typhoïde vraie n'immunise pas contre la paratyphoïde; c'est ainsi que Job signale deux malades ayant eu antérieurement la fièvre typhoïde et qui, en plein cours d'une paratyphoïde B, donnaient une réaction positive à l'Eberth à $\frac{1}{100}$.

Inversement, on signale des paratyphiques prenant au cours de leur convalescence une typhoïde (Levy et Gaethgens).

Les récidives, observées jadis, de fièvre typhoïde peuvent s'expliquer aujourd'hui assez facilement en supposant qu'il s'agissait successivement d'une fièvre éberthienne, puis d'une paratyphoïde, ou inversement. Les techniques bactériologiques permettront désormais de résoudre cette hypothèse.

La vaccination contre l'Eberth reste donc sans effet sur la paratyphoïde, et l'on comprend alors les insuccès apparents observés à la suite de la vaccination antityphique. Les vaccinés peuvent faire une infection paratyphoïdique A ou B, seule la bactériologie donnant la clef du problème.

La coexistence des deux bacilles typhoïdiques a été établie dans plusieurs cas. Gaethgens isole

des selles d'un malade l'Eberth et le paratyphus B, et constate l'agglutination chez le même sujet à $\frac{1}{250}$ pour l'Eberth, à $\frac{1}{100}$ pour le para.

Les observations de ce genre sont déjà assez nombreuses; il serait utile cependant que des hémocultures positives pour les deux bacilles viennent corroborer ces observations.

La paratyphoïde B constitue-t-elle une affection nettement spécifique ?

En faveur de la spécificité, il faut citer la présence, chez des individus avec forme typhoïde, du bacille dans les selles, dans les urines, dans le sang, dans la bile, dans les taches rosées. On objecte alors que le para B peut se trouver chez des individus bien portants, ou encore dans des affections sans caractère typhoïdique : otite, épididymite, salpingite. Mais, pour d'autres affections bien connues, on connaît également des manifestations locales : tel le pneumocoque, pouvant donner lieu à une septicémie généralisée comme à une otite.

On sait les difficultés rencontrées pour reproduire expérimentalement chez l'animal le syndrome typhoïde; il est donc naturel de comprendre les insuccès observés jusqu'ici dans les tentatives faites sur le lapin et la souris avec le paratyphus. Les animaux ayant été injectés ou nourris avec des cultures de paratyphus meurent, mais sans présenter les troubles caractéristiques. Toutefois une véritable expérience sur l'homme a été des plus démonstratives, autant qu'une expérience unique peut l'être.

Un étudiant en médecine ingère par mégarde quelques gouttes de culture de paratyphus; huit jours après, il est atteint d'une paratyphoïde nettement caractérisée.

La différenciation des paratyphoïdes avec le bacille d'Eberth et le colibacille ne peut être réalisée qu'en utilisant leur réaction biologique.

Ils font fermenter les hydrates de carbone (maltose, glucose, lévulose) et ils réduisent le rouge neutre; ces réactions les séparent du bacille d'Eberth. Pour les distinguer du coli, on a les caractères suivants : pas de coagulation avec le lait, pas de fermentation avec le lactose, pas de réaction de l'indol, attaque de la dulcite et de la mannite.

Job, en quelques lignes, indique la différenciation rapide pour les bacilles du groupe Coli-Eberth, que l'on observe communément chez l'homme.

Le sang recueilli aseptiquement est versé dans un ballon de bile; si, après 24 heures d'étuve, la culture est pure, on ensemence la bile en bouillon au rouge neutre, en bouillon lactosé carbonaté, en milieu de Petruschy et en lait; si la culture était impure, on isole le bacille en milieu d'Endo.

Si le bouillon au rouge neutre vire, on peut éliminer le bacille d'Eberth; si le bouillon lactosé fermente, c'est qu'il s'agit d'un colibacille; si le petit lait tournesolé rosit pour redevenir ensuite bleu (caméléonage), on a affaire au para B; s'il reste rouge, à un para A.

Sagement Job ajoute que ces observations établissent simplement une présomption sérieuse et qu'il faut compléter par les réactions d'immunité.

Le tableau suivant, emprunté à la notice publiée par le Service du professeur Vincent, présente un résumé très succinct du diagnostic différentiel des trois bacilles :

Tableau I. — *Caractères différentiels principaux des cultures du bacille typhique et des bacilles paratyphiques* A *et* B.

	Bac. typhique	Bac. paratyphique A	Bac. paratyphique B
Lait (frais) tournesolé.....	un peu acidifié	acide	acide, puis alcalin
Bouillon au rouge neutre.....	non modifié	rendu fluorescent ou jaune	rendu fluorescent ou jaune
Gélose glycosée à 3/100	pas de production de gaz	fermenté (production de gaz)	fermenté (production de gaz)
Gélose mannitée à 3/100	pas de gaz	gaz	gaz
Gélose dulcitée à 3/100	pas de gaz	gaz	gaz

IV. — Etiologie et Prophylaxie

Au point de vue étiologique, le paratyphus se comporte comme le bacille d'Eberth.

Peut-être la contagion par les aliments, notamment par les viandes, est-elle plus fréquente que pour le bacille d'Eberth. La contagion directe, interhumaine, est également nettement établie, et dans la campagne actuelle, la contamination directe par les fèces parait être un des moyens le plus fréquents.

L'existence des porteurs de germes de bacilles paratyphiques a été mise nettement en évidence, qu'il s'agisse de sujets en voie de convalescence complète et prolongée ou de sujets n'ayant jamais manifesté de troubles caractéristiques et chez lesquels on trouve le parabacille dans les selles ou parfois même dans les sécrétions nasales ou pharyngées.

L'examen des selles permet seul de dépister les porteurs de germes, mais cette recherche est laborieuse; peut-être le procédé imaginé tout récemment par Carnot et Weill-Hallé faciliterat-il les recherches. Dans un tube en U rempli de sable stérilisé, on verse d'un côté un bouillon stérile riche en bile, dans l'autre un bouillon de même nature, mais ensemencé avec les selles suspectes. Les bacilles typhoïdiques, grâce à leur mobilité, traversent les premiers la barrière de sable et viennent seuls ensemencer le bouillon stérile. L'étude de ce bouillon doit se faire avant que les autres microbes moins agiles n'aient traversé le filtre.

La prophylaxie est évidemment la même que celle de la fièvre typhoïde. La seule question qui se pose est de savoir s'il faut faire la vaccinothérapie paratyphoïdique chez les sujets déjà vaccinés contre la fièvre éberthienne! Castellani a proposé la vaccination simultanée contre les deux agents pathogènes par un mélange des trois vaccins. Nous ne connaissons pas encore les résultats de cette double vaccination; il y a lieu de faire des réserves sur l'abus des vaccinations multiples : l'accumulation d'une masse d'anticorps différents est-elle inoffensive pour l'organisme?

Quant au traitement, il ne saurait différer de celui de la fièvre typhoïde, et varie nécessairement avec la gravité et le genre des symptômes et aussi avec l'esprit thérapeutique qui dirige le médecin. Il va de soi que, si on veut tenter un traitement spécifique : injection de sérum thérapeutique, d'autolysat, etc., la substance curatrice doit être obtenue avec le bacille reconnu comme l'agent pathogène du cas traité.

Quant à l'action des métaux colloïdaux, si vantée par les uns, si décriée par les autres, elle nous a paru être indiscutable dans les cas de complications par associations microbiennes. L'électrargol a été un puissant agent thérapeutique dans les accidents pneumoniques ou streptococciques chez les typhoïdiques.

Nous aurions voulu donner une statistique même approchée du pourcentage des maladies typhiques, paratyphiques A et B dans l'épidémie actuelle qui a si durement frappé nos troupes. Malheureusement, les chiffres recueillis sur différents points sont trop contradictoires; quant aux documents officiels, il est impossible d'en avoir connaissance et il n'y a sans doute pas lieu de le regretter!

Les observations faites à l'hôpital auxiliaire 15 de Clermont (Oise), avec les ressources du laboratoire Pillet-Will annexé à l'hôpital, permettent de donner un aperçu du caractère de l'épidémie typhoïdique qui a si durement frappé notre armée de novembre 1914 à mars 1915. Nous nous contenterons de donner des chiffres obtenus avec les méthodes les plus rigoureuses.

Sur 302 malades hospitalisés, il y avait :

Non typhoïdiques 156 dont 26 vaccinés contre F.T.
Typhoïdiques 129 — 27 — — F.T.

Soit une proportion de $\frac{53}{302} = \frac{1}{6}$ de vaccinés.

TABLEAU II. — *Classement dans la nature des typhoïdiques*

		Graves	Sérieux	Légers	Total
Eberth	vaccinés[1]	0	1	0	65
	non vacc.	12	32	20	
Para B	vaccinés	2	5	6	34
	non vacc.	3	6	10	
Para A	vaccinés	0	0	0	2
	non vacc.	0	1	1	
Septicémies variées vaccinés		1	3	1	5
Diagnostic simpl. clin.	vaccin.	0	0	4	23
	n. vacc.	1	6	12	

Pourcentage suivant l'état vaccinal :

Non vaccinés	Eberth	64	73,6 %
	Para A	21	24,1
	Para B	2	2,3
Vaccinés....	Eberth	1	5,6 %
	Para B	3	72,2
	Septicémies	4	22,2

Notre mortalité a été de 5,4 %, chiffre remarquablement bas, puisque la mortalité moyenne paraît osciller autour de 14 %. Pas un seul décédé n'avait été vacciné.

Si avec cette statistique, intéressante non par le nombre des cas, mais par la rigueur scientifique avec laquelle, grâce aux circonstances favorables, elle a pu être conduite, on tient compte des résultats signalés de tous côtés, il est permis de conclure que la vaccination antityphoïdique exerce une action protectrice incontestable, les typhoïdes et les paratyphoïdes frappant les vaccinés présentant presque toujours un pronostic bénin.

J.-P. Langlois,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.
Médecin chef de l'hôpital auxiliaire
de Clermont (Oise).

1. Malgré le zèle de M. le Dr Caille, médecin chef adjoint, il a été impossible au début d'examiner tous les malades par les méthodes de laboratoire. 23 cas sur 127 ont donc été classés comme typhoïdiques, la clinique ne permettant pas de déterminer la nature exacte de la maladie.

Quant aux autres malades, le diagnostic a été établi par le précipito-diagnostic, le précipito et le séro-diagnostic combinés, et enfin pour beaucoup par les trois procédés : précipito, séro-diagnostic et hémoculture.

Nous ne comptons parmi les vaccinés que les hommes ayant reçu deux injections au moins; les 7, n'ayant reçu qu'une seule injection étant rangés parmi les non vaccinés.

LES PÊCHERIES DE BALEINES DES ILES FALKLAND

ET DE LEURS DÉPENDANCES

La brillante victoire de la flotte anglaise sur l'escadre de croiseurs allemands du Pacifique dans les eaux des Iles Falkland a ramené l'attention sur cet archipel peu connu.

Les Iles Falkland avec leurs dépendances, la Géorgie du Sud, les Sethlands du Sud et les Orcades du Sud, constituent un groupe d'îles montagneuses, situées à l'E et au S de la Terre de Feu, et occupées il y a une trentaine d'années par l'Angleterre. Les deux plus septentrionales : îles Falkland et Géorgie du Sud, jouissent d'un climat tempéré et sain. Leurs vastes pâturages y ont fait introduire l'élevage du mouton, qui s'y est rapidement développé; l'ensemble du troupeau compte aujourd'hui plus d'un million de têtes, et l'exportation de la laine, des peaux et du suif dépasse 5 millions de francs.

Plus récemment encore, une nouvelle source de richesses a été mise en exploitation dans toutes les îles du groupe et la mer qui les sépare : c'est la pêche de la baleine, et en dix années les Iles Falkland et leurs dépendances sont devenues le plus important centre de pêcheries de baleines du monde. M. Th. E. Salvesen vient de publier sur ce sujet, dans les Rapports scientifiques de l'Expédition antarctique nationale écossaise, un mémoire du plus haut intérêt[1]. Nous lui empruntons les éléments de cet article, que nous sommes heureux de pouvoir illustrer de quelques-unes des figures du mémoire, grâce à l'obligeance de M. W. S. Bruce, directeur du Laboratoire océanographique d'Ecosse.

I

Le sud de l'Atlantique est généralement fréquenté par les espèces suivantes de baleines :

La baleine franche australe (*Balæna australis*) (fig. 1), espèce sub-antarctique, d'une longueur

1. Th. E. Salvesen : The Whale Fisheries of the Falkland Islands and Dependencies. *Report of the scientific results of the Scottish national antartic Expedition*, t. IV, pp. 475-486 (avec 10 pl.). Scottish Oceanographical Laboratory, Edinburgh, 1914.

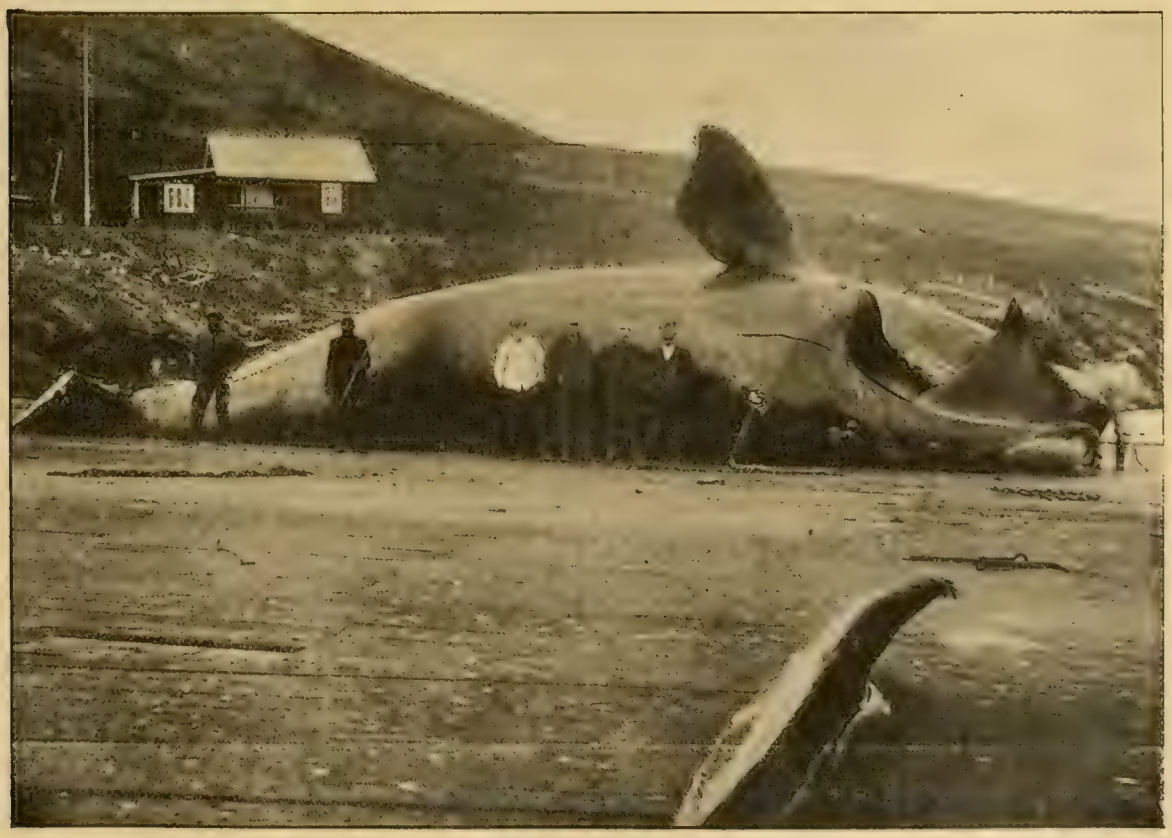


Fig. 1. — *Baleine franche australe* (Balæna australis).

d'une quinzaine de mètres, dont les fanons mesurent jusqu'à 2 mètres. Un individu bien développé donne de 60 à 70 barils d'huile; mais le prix des fanons est maintenant si faible qu'on ne la chasse pas spécialement;

La baleine bleue (*Balænoptera sibbaldii*), le plus grand animal vivant, qui peut atteindre 30 mètres de longueur et fournit en moyenne 70 à 80 barils d'huile;

Le gibbar (*Balænoptera musculus* ou *physalus*) (fig. 2) a une longueur de 15 à 20 mètres et donne 35 à 50 barils d'huile :

Le rorqual ou seihval (*Balænoptera borealis*), la plus petite des baleines tuées dans le Sud, mesurant seulement de 7 à 10 mètres et chassée lorsque les espèces plus grandes sont rares;

La jubarte (*Megaptera boops*), dont la longueur varie de 12 à 15 mètres et le rendement en huile de 25 à 35 barils;

Le cachalot (*Physeter macrocephalus*), long de 15 à 18 mètres, qui ne possède pas de fanons, mais 58 à 64 dents à la mâchoire inférieure. Sa tête forme à peu près le tiers du volume de l'animal et fournit environ 30 barils de spermaceti et d'huile, le reste du corps donnant à peu près autant d'huile. Cet animal est plutôt rare dans les eaux des Falkland, car son habitat naturel se trouve dans des zones plus chaudes.

Au point de vue de la pêche, ces animaux peuvent être classés en deux groupes : la baleine franche et le cachalot, d'une part, qui furent pendant longtemps les seuls capturés, et les balénoptères et le mégaptère, dont la pêche industrielle remonte à une époque récente, faute d'avoir trouvé plus tôt une méthode de capture appropriée.

Fig. 2. — *Gibbar* (Balænoptera musculus).

Le cachalot et la baleine franche restent généralement un certain temps à la surface de l'eau, ce qui permet à une pirogue à rames, envoyée par un navire baleinier, de les approcher et au harponneur placé à l'avant de jeter à la main ou au moyen d'un petit canon un harpon auquel est attachée une ligne qui servira à tirer l'animal.

Les balénoptères, au contraire, sont beaucoup plus vifs et ne demeurent à fleur d'eau qu'un temps très court pour respirer. Cependant, un bateau à rames peut trouver l'occasion d'en approcher un et de le tuer, mais alors il devient impossible de capturer l'animal mort. En effet, les balénoptères s'enfoncent lorsqu'ils sont morts, tandis que le cachalot et la baleine franche flottent. Or le poids de la carcasse du

balénoptère est beaucoup plus élevé que la force de flottaison d'un baleiner ordinaire, et tout essai de ramener l'animal mort à la surface n'aboutirait qu'à faire couler le bateau.

C'est en 1866 seulement qu'un Norvégien, le capitaine Svend Foyn, parvint à poursuivre et à capturer avec succès les balénoptères, en substituant à la rame la propulsion par la vapeur et en augmentant considérablement les dimensions des baleiniers. Ses méthodes, successivement améliorées, sont aujourd'hui utilisées par les compagnies baleinières modernes dans le monde entier.

La pêche du cachalot et de la baleine franche dans les mers du Sud remonte au commencement du 18e siècle; dans la première moitié du 19e siècle, de 500 à 600 baleiniers à voiles y étaient employés. Puis ce nombre a diminué progressivement, par suite de la chute de prix de l'huile de baleine et des fanons, de l'augmentation des dépenses de travail et de la diminution des captures. Aujourd'hui ce genre de baleiniers est presque inconnu dans les régions antarctiques.

L'existence d'une grande quantité de balénoptères dans les mers du Sud, signalée à diverses reprises par les expéditions antarctiques, devait cependant pousser les pêcheurs à entreprendre la capture de ces animaux par les nouvelles méthodes utilisées avec succès par les Norvégiens dans les mers du Nord. Grâce aux efforts du capitaine C. A. Larsen, de Sandefjord, qui avait accompagné Nordenskiöld dans l'Antarctique, une société fut fondée à Buenos-Aires, sous le nom de « Compañia argentina de Pesca »; en décembre 1904, un baleinier moderne à vapeur et deux bateaux à voile plus petits, affrétés par elle en Norvège, arrivaient à la baie de Cumberland, dans la Géorgie du Sud, et commençaient la pêche, tandis qu'on construisait à terre une usine pour la préparation des produits retirés de la baleine.

Fig. 3. — *Le baleinier à vapeur* Sedna, *de Leith.*

L'impulsion était donnée; les beaux résultats obtenus amenèrent à la formation d'un grand nombre d'autres entreprises de pêche, et aujourd'hui les Falkland et leurs dépendances constituent le plus grand centre baleinier du monde.

II

Voyons maintenant plus en détail les méthodes employées pour la capture des balénoptères.

Un baleinier moderne à vapeur du type le plus perfectionné (fig. 3) est long de 30 à 35 m., avec

un bau de 5, 5 à 6, 6 m. et un creux de 3, 3 à 3, 8 m. Sa vitesse est de 11 à 12 nœuds. Il est pourvu d'un gouvernail à vapeur et d'un puissant treuil double pour tirer les baleines placé sur le pont en arrière du mât de misaine.

A l'avant, un canon de 3 à 3 1/2 pouces, se chargeant par la bouche, avec frein à glycérine, pivote sans effort dans toutes les directions. Il lance, avec une charge de poudre, un harpon à 4 dents, d'environ 1, 8 m. de longueur, en acier fin de Suède trempé. La pointe du harpon consiste en une bombe conique en fonte, chargée de poudre, qui est allumée par une fusée trois secondes après que le harpon a été lancé par le canon. Un cable de 60 brasses et de 4 pouces de circonférence, en chanvre italien fin, est attaché par un anneau à la tige du harpon, et se continue par une épissure avec une ligne à baleines de 120 brasses et de 5 à 5 1/2 pouces. La ligne passe sur des poulies à l'avant du bateau et elle est fixée par l'intermédiaire de puissants ressorts d'acier.

La portée d'un canon à baleine n'est guère que de 25 mètres. Quand l'animal est atteint dans une partie vulnérable, la mort est en général instantanée. Le corps s'enfonce immédiatement, entraînant la ligne. Le navire est amené au repos, et quand le câble pend verticalement il est bossé à l'avant, puis l'animal est remonté lentement à la surface. L'élasticité des ressorts d'acier est destinée à compenser l'élévation et la chute du baleinier, causée par les vagues, sinon les tensions qui se produiraient sur le cable pourraient le rompre.

Si la baleine n'est pas morte sur le coup, il faut la noyer, en procédant de la même façon que le pêcheur qui a accroché un saumon. Dans les deux cas, la ligne est beaucoup plus faible que la tension exercée à son extrémité, et il faut opérer avec prudence et adresse. Le baleinier fatigue l'animal en faisant manœuvrer le treuil à vapeur, et aussi en avancant et reculant, mais il arrive souvent qu'une secousse subite fait casser la corde.

L'animal ayant été amené à la surface, on passe une chaîne autour de la queue et on la fixe à l'avant du navire; le câble est coupé au ras du harpon, et la baleine est remorquée à côté du vaisseau la queue en avant. Pour faire flotter la carcasse et diminuer le poids à remorquer, on perce un trou à travers le corps jusqu'aux poumons ou à l'estomac, et on gonfle l'animal avec une pompe à air.

Les baleiniers modernes, qui travaillent suivant la méthode précédente, ne peuvent traiter les baleines à bord; ils sont obligés de remorquer les carcasses jusqu'à un port où se trouve une usine de traitement. Ces usines sont de deux sortes : côtières ou flottantes.

Quand la baleine est amenée à une usine côtière bien équipée (fig. 4), elle est halée par une glissière sur la plateforme de découpage. On retire d'abord les fanons, puis on enlève la graisse par bandes, qui sont envoyées dans une machine à découper; les morceaux sont transportés par un élévateur dans de grandes cuves en fer ouvertes, où l'huile est extraite au moyen de la vapeur. La graisse de la langue et des reins est traitée de la même façon; puis la carcasse est fendue et sciée en morceaux convenables, qui sont transportés et entassés dans de grandes chaudières, où ils sont soumis à une pression de vapeur de 60 livres par pouce carré pendant 12 à 15 heures. Pendant cette période, l'huile contenue dans les os et la chair s'écoule dans des réservoirs de clarification.

Les digesteurs sont ensuite vidés de leur contenu, qui passe dans des fours de dessiccation chauffés au coke. Le résidu desséché est envoyé dans un désintégrateur, tamisé et mis en sacs à l'état de poudre.

Les usines flottantes (fig. 5) consistent en un navire à vapeur ou à voile jaugeant jusqu'à 7.000 tonneaux, et pourvu de toutes les installations nécessaires et de réservoirs à huile. Ces vaisseaux doivent être amarrés dans un port, car une eau tranquille est nécessaire pour que les baleines puissent être dépecées le long du navire. La graisse et la carcasse sont ensuite montées à bord, où le traitement est tout à fait analogue à celui des usines côtières. Quelques navires ont été équipés avec des fours à dessiccation pour la fabrication du guano, mais les résultats ont été peu satisfaisants, et il est douteux que les dépenses de fabrication du guano à bord soient couvertes par les prix de vente.

III

Les produits retirés de la baleine sont donc : les fanons, l'huile, et les tourteaux ou guanos provenant de la dessiccation de la chair et des os.

La valeur des fanons des Balénoptères est aujourd'hui assez faible. Tandis que ceux de la baleine franche australe valent 18.750 francs la tonne, ceux du rorqual se vendent environ 2.125 francs, ceux des baleines bleues et du gibbar 750 francs et ceux de la jubarte 250 francs la tonne. Ces prix sont si faibles qu'on peut se demander si la dépense n'est pas supérieure au prix de vente. Il n'est pas douteux que ce soit le cas pour les fanons de la jubarte.

Fig. 4. — *Usine côtière pour le traitement des baleines, à Leith Harbour (Géorgie du Sud).*

Fig. 5. — *Usine flottante, à bord du steamer* Restitution, *dans la baie de la Possession (Géorgie du Sud).*

L'huile de baleine est généralement graduée en 4 qualités, représentées par les n^os I, II, III et IV, auxquelles quelques compagnies ajoutent une cinquième, le n° 0. Les qualités 0 et I sont préparées entièrement avec la graisse du corps, le n° II avec la graisse de la langue et des reins, et avec les résidus d'ébullition de la précédente, le n° III avec la chair et les os, et le n° IV avec les déchets.

On vend actuellement : les n°s 0 et I 600 francs, le n° II 550 francs, le n° III 500 francs et le n° IV 450 francs la tonne de poids net, rendue en Europe, barils compris.

Enfin, on peut obtenir avec la chair et les os desséchés trois sortes de produits : 1° la farine de viande de baleine, préparée exclusivement avec la viande absolument fraîche. C'est un aliment nutritif et sain, contenant 17 1/2 °/₀ de protéides, et très employé pour la nourriture du bétail ; 2° le guano de baleine, fabriqué avec le reste de la viande et un tiers d'os. Il contient à l'analyse 8, 5 °/₀ d'ammoniaque et 21 °/₀ de phosphates tribasiques ; 3° la farine d'os, faite exclusivement avec les os et renfermant 4 °/₀ d'ammoniaque et 50 °/₀ de phosphates.

L'ensemble de la carcasse desséchée peut également former un seul produit, constituant un riche guano contenant 10 à 12 % d'ammoniaque et 17 à 24 % de phosphates.

La valeur actuelle de ces produits est d'environ 17 francs par unité d'ammoniaque et de fr. 0,60 par unité de phosphates par tonne rendue en Europe.

IV

Le nombre des sociétés qui pratiquent la pêche de la baleine aux îles Falkland et dépendances s'élève actuellement à 21, dont 1 pour les îles Falkland proprement dites, 7 pour la Géorgie du Sud, 10 pour les Shetlands du Sud et la Terre de Graham, et 3 pour les Orcades du Sud.

Deux de ces compagnies sont argentines, les autres norvégiennes ou anglaises. Elles emploient 64 navires baleiniers. Il y a une usine côtière aux Iles Falkland et 5 dans la Géorgie du Sud, avec 2 usines flottantes ; dans les autres îles, il n'y a que des usines flottantes.

La saison de pêche dure généralement du commencement de novembre à la fin d'avril dans la Géorgie du Sud ; on y capture presque par moitiés des jubartes et des gibbars et un peu de baleines bleues.

La saison est plus courte aux Shetlands du Sud et à la Terre de Graham, où l'on ne trouve guère l'eau libre que pendant 4 mois et demi. On y rencontre surtout des gibbars, puis des baleines bleues et un peu moins de jubartes.

Aux Orcades du Sud, où la saison est encore plus courte et ne dure guère que de la fin décembre au milieu de mars, on pêche les mêmes sortes de baleines.

Enfin aux Iles Falkland on capture surtout le rorqual et le gibbar.

La production totale des Iles Falkland et dépendances pendant la saison 1912-1913 a été de 430.000 barils d'huile (soit plus de la moitié de la production totale du monde) et de 8375 tonnes de guano, dont la valeur totale est d'environ 33.750.000 francs. Cette industrie emploie environ 3.500 personnes, composant les équipages des navires baleiniers et des transports, et les ouvriers des usines côtières et flottantes.

A. Stevenson.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Véronnet (Alex.), *Docteur ès Sciences.* — **Les Hypothèses cosmogoniques modernes.** — *1 vol. in-8° de 171 pages. (Prix : 4 fr.) A. Hermann et fils, éditeurs, Paris,* 1914.

Ce livre, réunion d'articles parus d'abord dans la *Revue de Philosophie,* suit à moins de trois ans de distance les *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques* de H. Poincaré. Il s'en inspire directement; il y ajoute beaucoup de remarques intéressantes et de calculs judicieux. Le profond mathématicien qui a jeté tant d'éclat sur la science française eût accueilli cet essai d'un de ses élèves avec une bienveillance exempte de toute jalousie. Il n'y eût pas trouvé, croyons-nous, de motif pour quitter son attitude expectante.

Deux états d'esprit très différents semblent avoir présidé aux recherches faites depuis un siècle et demi pour élucider l'origine de l'Univers. Les mystiques, suivant l'exemple donné avec éclat par Kant, veulent que le Monde ait été livré aux disputes des hommes pour manifester la Pensée souveraine qui le dirige. C'est un devoir pour chacun de nous de se faire une représentation de l'ensemble des choses, sans accepter de limite dans le temps ni dans l'espace. On devra placer à l'origine un chaos aussi vaste, aussi inerte, aussi peu différencié que possible. Il faut que de cet état rudimentaire sorte, par le jeu de quelques lois simples, l'immense diversité que la Nature offre à nos regards. La Puissance créatrice sera ainsi révélée avec plus d'éclat, et l'intelligence qui aura reconstitué la chaîne des transformations y trouvera une jouissance profonde, avant-goût de la félicité future dont notre existence terrestre doit être la préparation.

Laplace et ses continuateurs, esprits analytiques, procèdent autrement. Ils ne voient point de nécessité pour que le Monde ait jamais été beaucoup plus simple qu'il ne l'est aujourd'hui; mais il est certain, d'autre part, qu'il a changé. La méthode la plus sage consiste, pour eux, à représenter les phénomènes par des équations différentielles que l'expérience suggère et contrôle. On intègre ensuite ces équations en remontant dans le passé, aussi loin que le permettent la précision des données initiales et les ressources du calcul. Mais, quoi qu'on fasse, la limite est promptement atteinte et notre curiosité n'est pas satisfaite. On tente d'aller plus loin en s'inspirant des procédés des naturalistes. Le Ciel nous montre un certain nombre d'astres et de systèmes isolés. On les classe d'après leurs affinités apparentes, par ordre de complication croissante. On cherche à faire voir que la transition de l'un à l'autre est possible. On arrive même à présenter certaines de ces métamorphoses comme nécessaires quand on a substitué aux objets réels des êtres fictifs, suffisamment simplifiés pour devenir justiciables du calcul. Les changements ainsi envisagés se sont-ils réellement accomplis, et dans quel sens? C'est à l'observation seule qu'il appartient de le dire. Or l'observation, consultée, reste muette ou ajourne sa réponse à plusieurs générations. Les physiciens ne peuvent se mettre d'accord pour dire si, actuellement, la Terre se refroidit ou s'échauffe, si elle se dilate ou se contracte. C'est dire quel degré de confiance on peut accorder à la peinture de l'évolution d'une nébuleuse. Mais le temps consacré à de telles études n'aura pas été perdu si elles ont suggéré, chemin faisant, quelques beaux problèmes mathématiques, susceptibles d'un énoncé net et d'un traitement élégant. Au fond Laplace et Poincaré n'ont jamais envisagé les cosmogonies sous un autre jour. Ils ne leur ont demandé que des satisfactions d'ordre esthétique, et l'on comprend très bien que Poincaré n'ait pas jugé utile d'ajouter un tableau d'ensemble à ceux qui avaient été tracés avant lui et qui fournissent déjà une ample matière aux spéculations.

M. Véronnet, on le voit sans peine, se rattache par son éducation et ses tendances, à l'école de Kant beaucoup plus qu'à celle de Laplace. La plus grande partie de son livre est une apologie de l'œuvre de jeunesse du philosophe de Kœnigsberg, un essai pour la renouveler par l'introduction de données modernes. Avant tout, M. Véronnet voudrait disculper Kant du reproche que Poincaré lui adresse, d'avoir placé au début de sa synthèse une grave hérésie mathématique. En faisant évoluer une nébuleuse primitivement immobile, Kant n'aurait pas eu en vue l'ensemble de la matière existante, mais seulement celle qui est aujourd'hui rassemblée dans le le système solaire. D'autres systèmes seront intervenus pour communiquer au premier le moment de rotation nécessaire. Cela est admissible, assurément. Mais que l'on y prenne garde : du moment que l'on fait réagir, dans une mesure importante, les systèmes les uns sur les autres, on perd le droit d'affirmer, pour chacun d'eux, la conservation ultérieure de la masse, celle de l'énergie, celle du moment de rotation, la tendance constante à la dégradation de l'énergie. M. Véronnet ruine ainsi par avance à peu près tous les arguments qu'il opposera plus tard à l'hypothèse de Laplace et ceux dont il usera lui-même pour présenter certaines transformations comme plus vraisemblables que les autres.

On sait que la naissance des anneaux et leur destruction se sont toujours montrées rebelles au calcul. Pour Laplace et ses successeurs, les anneaux sont les préliminaires habituels et réguliers de la naissance des planètes et des satellites. Kant aimerait mieux voir dans ces appendices gênants un accident exceptionnel dont Saturne aurait offert l'unique exemple. Plus radical, M. Véronnet entreprend de démontrer que les anneaux ne peuvent ni prendre naissance ni se détruire. Il nous semble que l'observation suffit à rendre ces deux thèses suspectes. Les anneaux sont possibles, puisque Saturne et certaines nébuleuses en possèdent. On doit douter de leur stabilité puisqu'ils sont rares et il n'est pas difficile d'imaginer des causes de perturbation qui les menacent. L'insuccès des traitements analytiques peut très bien tenir à ce que l'on a simplifié outre mesure les données du problème. Que, pour la commodité du calcul, on introduise seulement la gravitation et l'expansion des gaz, cela se comprend assez. Mais il ne faut pas perdre de vue que d'autres forces existent et font aux premières une concurrence victorieuse dans une matière très raréfiée. On a beau jeu pour déclarer qu'un anneau tournant tout d'une pièce ou obéissant dans toutes ses parties aux lois de Kepler ne se condensera point en une masse unique. Toute capture est un phénomène de perturbation et si, de parti pris, on néglige les perturbations, il est clair que l'on n'aura point de capture. Les adversaires de Laplace montrent aussi peu de souci de la logique, quand ils affirment la constance de l'énergie et du moment de rotation d'un système, tout en remarquant que ce système effectue sous forme de radiation une dépense colossale, qui a dû être encore plus grande dans le passé. Comment prouvera-t-on qu'une part de cette énergie dissipée n'a pas été empruntée au mouvement de rotation?

Laplace savait très bien que l'on n'expliquerait pas les irrégularités actuelles du système solaire sans introduire quelques précisions dans l'esquisse extrêmement sommaire qu'il a tracée. C'est volontairement qu'il

ne l'a point fait. Des retouches dictées par le souci du résultat à obtenir auraient eu un caractère provisoire, subordonné au progrès des observations. Poincaré, très au courant des objections soulevées et des découvertes faites depuis, estimait facile une remise à neuf. Mais elle eût impliqué un choix arbitraire entre une multitude d'hypothèses possibles et, par suite, n'aurait point inspiré confiance. Laplace eût été plutôt tenté par l'idée de simplifier encore l'état initial, d'abandonner la chaleur primitive, la forme sphérique, la rotation générale autour d'un même axe, de charger l'attraction seule d'organiser le chaos. Mais il eût demandé la preuve que, ce lest une fois jeté, les traits d'ensemble du système solaire devaient encore apparaître. Cette démonstration, Kant l'aurait donnée, si l'on en croit M. Véronnet. A notre avis, elle est encore à faire et même ne sera jamais faite. Comment croire qu'un soleil inexistant aurait vidé l'espace de son contenu homogène jusqu'aux distances stellaires, quand nous voyons le Soleil actuel, avec son énorme prépondérance de masse, incapable d'annexer les comètes qui viennent frôler sa surface?

Nous ne suivrons point M. Véronnet dans la revue, intéressante cependant, qu'il fait subir aux cosmogonies plus modernes. Il n'en adopte, en définitive, aucune. A l'égard des deux plus récentes, celles de MM. T. J. J. See et E. Belot, la critique aurait pu aisément, à ce qu'il nous semble, être accentuée. L'une réclame une évolution prodigieusement longue, l'autre un cataclysme soudain, mais toutes deux sont dualistes, c'est-à-dire qu'elles mettent en présence, à un certain moment, deux systèmes matériels qui, par leur origine, n'ont rien de commun. Or si l'on veut que, de cette rencontre, sortent planètes, anneaux et satellites, on ne peut que voiler plus ou moins habilement la nécessité d'attribuer à l'un au moins des deux corps en présence des caractères très spéciaux, très multipliés, et dont l'observation n'offre point d'exemple en dehors du système solaire. Il est dès lors plus simple d'accepter ce système tout fait[1].

En parlant, dans son Chapitre V, de l'évolution du Soleil et de celle de la Terre, M. Véronnet manœuvre sur un terrain plus sûr. Les expériences d'Amagat et de Van der Vaals sur les gaz fortement comprimés sont citées à propos et analysées dans leurs conséquences numériques. Ces conséquences sont alarmantes pour les naturalistes demeurés fidèles à la doctrine exclusive des causes actuelles. Les cent millions d'années que Lord Kelvin leur concédait à la rigueur pour la durée des temps géologiques leur sont refusés par M. Véronnet. Peu importe que la nébuleuse dilatée ait possédé une certaine dose de chaleur en plus de celle que la gravitation est capable d'engendrer. Cette provision, si elle a existé, s'est vite dissipée. Que l'on traite le Soleil comme un gaz parfait, comme un milieu adiabatique, comme un solide, comme un liquide, on ne peut douter qu'il ne se refroidisse. Ni les actions chimiques, ni la matière radiante, ni les météores, ni les contributions des autres étoiles ne peuvent parer au danger. Seule la contraction agit utilement, mais déjà elle ne suffit plus, et son insuffisance s'aggravera, car la densité moyenne du Soleil est devenue trop forte. Il y a deux millions d'années, le Soleil devait avoir un rayon double de son rayon actuel et la température de la Terre à sa surface dépassait 100 degrés centigrades. Dans deux millions d'années, cette température sera tombée au-dessous de zéro, et notre globe ne saurait retarder que bien peu l'échéance en se rapprochant du Soleil, qui se sera refroidi encore plus vite. On doit donc se résoudre à considérer comme plus rapides l'adaptation des formes vivantes et le dépôt des sédiments. M. Véronnet ne craint pas, du reste, de passer à l'offensive et de montrer combien sont peu sûrs les chronomètres géologiques.

Cédant à l'invitation, peut-être perfide, de Poincaré, l'auteur tente d'embrasser dans sa cosmogonie les nébuleuses. Nous ne croyons pas qu'il trouve beaucoup de spectroscopistes pour le suivre quand il dit (p. 155) que les raies des nébuleuses gazeuses sont dues presque exclusivement à l'hydrogène et à l'hélium. Il nous semble également hasardeux de supposer (comme il le fait p. 156) que les nébuleuses spirales sont formées de poussières non encore condensées, alors que beaucoup d'entre elles englobent, d'une façon visible, de nombreuses étoiles. Mais les idées émises au sujet des étoiles nouvelles nous paraissent bien liées et dignes d'une grande attention. Nous aurions là une réalisation approchée et exceptionnelle d'un cas évidemment fictif, celui d'une nébuleuse sphérique et homogène qui se contracte en partant du repos, de façon que ses éléments arrivent au centre au bout d'un temps très long, mais le même pour tous. Le dégagement d'une énorme quantité de chaleur dans l'espace de quelques jours est ainsi rendu vraisemblable. On devrait alors s'attendre à voir une étoile nouvelle éprouver des recrudescences, chacune étant, si l'on veut, séparée de la précédente par plusieurs siècles. Une fois de plus les observateurs sont invités à monter une garde assidue, avec l'espoir qu'un hasard favorable les aidera. Ce conseil est le plus sage que l'on puisse donner, mais on aura beau le faire entendre, les rôles d'historien du chaos, de prophète de la fin des temps, exerceront toujours leur dangereuse séduction. Ne le regrettons pas trop, s'il doit en résulter de temps à autre une belle œuvre littéraire, comme celle que nous devons à Kant.

P. Puiseux,
Membre de l'Institut
Astronome à l'Observatoire de Paris.

De Grahl (G.) — Le fonctionnement économique du chauffage central. Dimensions exactes, établissement et marche économique des installations. *Traduit de l'allemand par* A. Schubert, *Ingénieur des Arts et Manufactures. Préface et annotations par* G. Debesson, *ingénieur-conseil. — 1. vol. in-8° de XXII-238 pages, avec 96 fig. (Prix broché : 9 fr.; cartonné : 10 fr. 50). H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, 47 et 49, quai des Grands-Augustins, Paris, 1914.*

Il s'agit ici de la traduction en bon français d'un ouvrage allemand. *A priori*, je serais enclin à en détourner le lecteur, estimant que la science et l'industrie de notre pays suffisent largement à nos besoins intellectuels et matériels, et que nous n'avons rien à apprendre des compilations confuses et toujours frelatées de nos voisins. Dans la circonstance toute spéciale où nous nous trouvons, je dois constater que nulle part le sujet du chauffage central n'a été traité à fond et avec détails, et j'en conclus qu'il est de bonne guerre de mettre à profit la seule qualité que nous reconnaissions à nos ennemis, la patience et la minutie dans les recherches et les essais, et d'utiliser les très nombreuses expériences qui ont servi à l'un d'eux pour codifier les règles concernant l'établissement et la marche économique des installations de chauffage si répandues aujourd'hui.

Ce M. de Grahl est un expert en chauffage près des tribunaux de Berlin. Il a publié le résultat de ses études pendant huit ans sur les cas litigieux dont on lui a confié l'examen. M. Schubert, ingénieur des Arts et Manufactures, en offre aujourd'hui une traduction extrêmement intéressante, et qui rendra service à tous : aux experts, en leur montrant quelques-unes des méthodes employées, et les conclusions tirées; aux entrepreneurs, en appelant leur attention sur les inconvénients des appareils trop faibles; aux fabricants, par une critique sévère des majorations excessives de la puissance « rationnelle » des appareils qu'ils vendent; aux architectes et à tous les propriétaires que le chauffage intéresse en leur apprenant une fois de plus qu'une

1. Nous avons ici en vue, pour ce qui concerne M. T. J. J. See, l'exposition qu'il semble avoir adoptée en dernier lieu (*Bulletin de la Société Astronomique de France*, nov. 1914). Les thèses soutenues dans ses écrits antérieurs sont du caractère le plus ondoyant, et les résumés eux-mêmes auraient grand besoin d'être résumés.

installation qui consomme trop de charbon est une installation insuffisante et mal faite, et que, lorsqu'ils achètent bon marché, ils paient en réalité trop cher, parce que la dépense d'achat ne se fait qu'une fois, tandis qu'un entretien onéreux est un supplément journalier de dépense.

Le technicien saura faire son profit des renseignements du livre, l'entrepreneur y puisera une crainte salutaire des coefficients majorés, l'architecte et le propriétaire comprendront pourquoi tant de leurs installations sont défectueuses, et pourquoi les frais de combustibles de leurs chauffages sont souvent ruineux.

Malgré son origine première, ce travail recevra l'accueil qu'il mérite; entièrement basé sur les expériences faites au cours d'expertises judiciaires ou amiables, il confirme nombre de théories. Il est utile à tous ceux que la question du chauffage intéresse, mérite l'étude et les commentaires des Groupements d'Entrepreneurs et des Associations d'Ingénieurs et contribuera certainement à l'amélioration de la technique du chauffage.

Emile DEMENGE.

2° Sciences physiques

Vennin (L.), *Ingénieur principal des Poudres et Salpêtres*, et **Chesneau** (G.), *Inspecteur général des Mines.* — **Les poudres et explosifs et les mesures de sécurité dans les mines de houille** (*T. VII de l'encyclopédie de Science chimique appliquée*). — *Un fort volume in-8° de 573 p. avec 114 figures.* (*Prix relié: 25 fr.*). *Ch. Béranger, éditeur, 15, rue des Saints-Pères, Paris, 1914.*

L'excellent ouvrage de MM. Chesneau et Vennin comble une très importante lacune dans notre littérature scientifique. Bien que la science des explosifs soit en grande partie œuvre de savants français, parmi lesquels il convient de citer au premier plan les noms de Sarrau, de Berthelot et de Vieille, il n'existait jusqu'à ce jour aucun traité d'ensemble concernant les explosifs. Il n'en est plus ainsi aujourd'hui. Le traité de MM. Chesneau et Vennin comporte deux livres.

Le livre I, rédigé par M. l'Ingénieur principal des Poudres et Salpêtres Vennin, concerne les poudres et explosifs, tandis que le livre II, dû à la plume autorisée de l'Inspecteur général des Mines Chesneau, traite des mesures de sécurité dans les mines de houille.

Le livre I se subdivise lui-même en 5 parties :

La première a trait à l'étude théorique des matières explosives. On sait que ce domaine de la science a surtout été exploré par Sarrau, à qui nous sommes non seulement redevables des moyens de calculer aisément les caractéristiques théoriques des explosifs, mais encore de la théorie des manomètres à écrasement. Le premier chapitre du livre I est consacré à l'étude de ces notions fondamentales. La dynamique des matières explosives est étudiée dans le second chapitre, qui comprend, en outre, l'exposé des lois de la combustion des poudres de diverses natures et l'étude du phénomène de la détonation.

Les essais pratiques des matières explosives constituent le sujet du second livre. Sont étudiés en détail et avec compétence les divers essais des explosifs ordinaires, ceux des explosifs antigrisouteux et des poudres balistiques.

Dans la troisième partie de l'ouvrage, la chimie et la fabrication des composés explosifs font l'objet d'un exposé complet, tandis que la quatrième s'occupe des mélanges explosifs divers et des poudres.

Le mode d'emploi des matières explosives est décrit dans la cinquième partie; celui des explosifs dans les mines et le tirage des mines y sont exposés.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, la très importante question de la sécurité dans les mines de houille a été traitée par M. Chesneau, dont la haute autorité en cette matière est connue de tout le monde. La lutte contre le grisou, celle contre les poussières font l'objet de chapitres spéciaux. Les expériences remarquables entreprises à la station de Liévin, sous la haute direction de M. l'Ingénieur des Mines Taffanel, sont décrites et résumées avec soin.

L'emploi des explosifs antigrisouteux et l'étude des mesures de sécurité, en cas de sauvetage, forment la matière des deux derniers chapitres de l'ouvrage.

Une rédaction excellente, une documentation bibliographique des plus complètes ajoutent à la valeur du savant traité de MM. Chesneau et Vennin, dont on peut hardiment prédire le grand succès.

Lt Cl P. B.

3° Sciences naturelles

Raveret-Wattel (C.), *Ancien Maître de Conférences de Pisciculture à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées.* — **La Pisciculture industrielle.** — *1 vol. in-18 de 396 pages avec 74 fig. de l'Encyclopédie scientifique, publiée sous la direction du Dr Toulouse.* (*Prix cart. : 5 fr.*) *O. Doin et fils, éditeurs, Paris,* 1914.

Les livres de pisciculture, et, d'une façon générale, les ouvrages consacrés aux applications des sciences naturelles, appartiennent à deux catégories bien tranchées. Les uns, les moins nombreux, sont des traités surtout scientifiques et techniques, où les problèmes souvent complexes de la biologie normale, et ceux de l'élevage, sont étudiés à fond, mis au point, et leurs solutions mutuellement comparées, pour montrer les avantages obtenus, avec les progrès qui restent à accomplir. Les autres, plutôt pratiques, sont des manuels dans le meilleur sens du terme, c'est-à-dire des guides destinés à faciliter aux commençants, comme aux personnes déjà expérimentées, les opérations parfois délicates de toute zootechnie.

C'est à cette dernière catégorie qu'appartient l'ouvrage récent de M. C. Raveret-Wattel. Praticien émérite lui-même, justement réputé, et bien connu par ses publications antérieures, l'auteur se trouvait tout désigné pour écrire sur la pisciculture industrielle un livre répondant vraiment à son objet. Malgré son petit format et ses dimensions minimes, ce volume possède tout ce qu'il lui faut pour remplir son rôle; rien d'essentiel ni d'utile n'y est omis, et toutes les acquisitions les plus récentes de la technique piscicole s'y trouvent mentionnées.

Une illustration suffisante facilite, du reste, la compréhension des parties les plus ardues, bien que le clair style de l'auteur dans ses explications rende souvent superflue une telle précaution.

M. Raveret-Wattel a judicieusement divisé son ouvrage en deux parties principales. La première traite de l'élevage des Salmonidés; elle débute par exposer ce qui convient à l'aménagement d'un établissement et de son laboratoire; elle continue par l'examen de l'élevage aux diverses époques de la vie du poisson, et selon les nécessités variables de l'industrie elle-même; elle s'achève par l'étude du commerce des pièces livrées sur les marchés. La deuxième partie concerne, selon un plan peu différent, l'élevage de la Carpe et l'exploitation des étangs.

Une troisième partie s'adresse aux maladies qui déciment trop souvent les bassins de pisciculture, et aux remèdes qui servent à les combattre. Enfin un appendice d'une trentaine de pages, consacré à l'Astaciculture ou élevage de l'Ecrevisse, achève cet excellent volume, dont tout pisciculteur fera volontiers son profit.

Louis ROULE,
Professeur au Museum National d'Histoire naturelle.

Launoy (L.), *Professeur agrégé à l'Ecole supérieure de Pharmacie.* — **L'appareil thymo-thyroïdien. Thyroïdes, parathyroïdes, thymus.** — *1 vol. in-8° de* XVI-*405 pages avec 50 fig. (Prix : 14 fr.) J. B. Baillière et fils, éditeurs. Paris,* 1914.

Dans la préface de son livre, M. Launois définit le but qu'il s'est proposé d'atteindre : « présenter au public médical et scientifique une étude aussi complète que possible de l'appareil thymo-thyroïdien ». Pour y réussir, il étudie tour à tour l'anatomie comparée, l'histologie, la physiologie des thyroïdes, des parathyroïdes et du thymus, et décrit minutieusement les grands syndromes d'insuffisances glandulaires expérimentales, et sommairement les insuffisances spontanées, qui, chez l'homme, s'appellent myxœdème, tétanie, etc. Il justifie la mise au second plan de l'histoire clinique de l'appareil thymo-thyroïdien par cette remarque : « l'étude physiologique domine en effet tous les autres points de la question; elle seule peut élucider les problèmes de pathogénie qui se posent, si passionnants, à propos de la genèse de certaines affections, le goitre exophtalmique ou la tétanie infantile, par exemple. »

M. Launois a groupé dans son ouvrage les thyroïdes, les parathyroïdes et le thymus, ce qu'il appelle l'appareil thymo-thyroïdien, et s'efforce dans son avant-propos de justifier cette conception.

« On peut dire, écrit-il, que thymus, parathyroïdes et thyroïdes constituent une trilogie de glandes étroitement unies. Elles le sont, non seulement par une communauté d'origine (épithélium de l'intestin branchial), mais encore par d'intimes connexions de voisinage, qui les font se pénétrer les unes les autres (parathyroïdes incluses dans les thyroïdes, parathyroïdes incluses dans le thymus; restes thymiques inclus dans les thyroïdes et les parathyroïdes), et par l'identité de certaines de leurs propriétés physiologiques. »

Il semble que cette conception n'a qu'une valeur bien fragile et tout au plus provisoire, et que de nombreux faits conduisent à séparer nettement l'un de l'autre, au point de vue physiologique et pathologique, l'appareil thyroïdien et l'appareil parathyroïdien. Cette séparation me semble d'autant plus indispensable que plusieurs auteurs ont prétendu (à tort, comme on le sait aujourd'hui) établir la réalité d'une corrélation entre les glandes thyroïdes et parathyroïdes et démontrer la possibilité de leur mutuelle suppléance, et que cette notion, absolument inexacte, est encore acceptée comme digne de considération par quelques physiologistes et par quelques auteurs d'ouvrages classiques. Quant au rapprochement du thymus et des parathyroïdes ou du thymus et des thyroïdes, il ne semble pas s'imposer d'une façon impérieuse, les similitudes sur lesquelles M. Launois appelle l'attention étant peut-être plus apparentes que réelles. Mais ce sont là remarques qui n'enlèvent rien à la valeur scientifique incontestable du bel ouvrage que publie M. Launois.

L'étude anatomique, embryologique et histologique des trois glandes vasculaires sanguines est faite avec tous les développements désirables. Quelques physiologistes trouveront peut-être que cette partie de l'ouvrage a été trop longuement traitée (elle représente le quart du volume); mais cette critique pourrait être facilement réfutée par l'auteur : n'est-ce pas l'ignorance ou la méconnaissance des différences histologiques fondamentales existant entre les thyroïdes et les parathyroïdes à l'état adulte ou à l'état embryonnaire qui a été la cause de l'erreur grave commise par les physiologistes pour lesquels les parathyroïdes étaient des thyroïdes restées à l'état embryonnaire, n'attendant pour se développer et évoluer que la suppression opératoire des thyroïdes et les suppléant fonctionnellement après avoir augmenté de volume et changé de constitution? Nous conclurons de ces quelques réflexions que la première partie de l'ouvrage de M. Launois ne constitue pas une inutilité, bien au contraire.

L'exposé de nos connaissances sur les fonctions des thyroïdes et des parathyroïdes, qui occupe la moitié du livre, est fait avec toute l'ampleur, toute la documentation, toute la précision et toute la clarté qu'on peut désirer. L'auteur passe d'abord en revue les travaux se rapportant à la composition chimique des thyroïdes et notamment à ce corps si remarquable chimiquement, physiologiquement et thérapeutiquement qu'est l'iodothyrine, composé iodé, considéré, à tort peut-être, comme le représentant le plus important de la sécrétion thyroïdienne normale ou pathologique, et qui agit de si remarquable façon sur la circulation sanguine et sur le métabolisme azoté. Puis il résume magistralement l'ensemble des recherches aujourd'hui classiques sur les phénomènes consécutifs à l'ablation chirurgicale ou expérimentale de l'appareil thyro-parathyroïdien et rappelle les importantes conclusions de ces recherches relatives à la distinction fondamentale des deux organes thyroïdien et parathyroïdien et de leurs deux fonctions. Il complète son exposé par l'examen des faits pathologiques du myxœdème et de la tétanie, décrits par les médecins.

M. Launois, dans cette partie de son livre, expose des faits et ne les obscurcit pas, comme tant d'autres le font, hélas, de nos jours, sous les nébuleuses théories. Il fait d'ailleurs à ces théories une très large place dans quelques chapitres, où il étudie spécialement la genèse de la tétanie parathyroïdienne, l'acidose parathyréoprive, l'état de quelques glandes à sécrétion interne après interventions sur l'appareil thyro-parathyroïdien, l'hyperthyroïdisme et le goitre exophtalmique. Signalons enfin, pour ne rien oublier, le chapitre sur la thérapeutique de l'insuffisance thyroïdienne et de l'insuffisance parathyroïdienne.

La troisième partie de l'ouvrage est consacrée au thymus. M. Launois a donc en fait, et très légitimement à mon avis, séparé complètement, dans son exposé, ce qui touche au thymus de ce qui touche aux thyroïdes et aux parathyroïdes. Dans cette partie, il expose tous les faits aujourd'hui connus, relatifs à cette glande vasculaire sanguine : anatomie, histologie, involution, chimie, expériences d'ablation, action physiologique des extraits de thymus, relations fonctionnelles du thymus avec les organes glandulaires.

Pour terminer cette bien imparfaite analyse, je ne saurais mieux faire que de citer les paragraphes suivants de la préface de l'ouvrage :

« Il ne faudra pas chercher dans notre ouvrage une bibliographie intégrale de la question. Encore que nous n'ayons méconnu aucun mémoire important ou même secondaire, nous n'avons pas voulu nous laisser submerger par l'amas des publications sans grand intérêt, qui, sur les thyroïdes en particulier, débordent des périodiques.

« Nous avons voulu exposer clairement un sujet très confus, très embrouillé, peu défini, puisqu'il tient de l'anatomie, de la physiologie, de la pathologie, de la chimie, etc., etc.; nous avons voulu gagner en clarté ce que nous avons perdu en documentation, ou plus exactement en bribes de documentation. Nous espérons ainsi répondre aux désirs du lecteur français qui demande, à bon droit, non des accumulations de faits plus ou moins contradictoires, mais des faits précis et certains.

« Il est inutile d'ajouter que nous n'avons pas fait ici une œuvre de compilation, pure et simple; nous avons habituellement pris parti, en apportant dans le débat nos documents personnels. »

Je féliciterai de grand cœur M. Launois de nous avoir donné un livre bien français, c'est-à-dire clair, précis et bien ordonné.

Maurice Arthus,
Professeur de Physiologie
à l'Université de Lausanne.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 1er Mars 1915

M. le Président annonce le décès de MM. **G. W. Hill** et **G. J. Auwers**, Correspondants pour la Section d'Astronomie.

1° Sciences physiques. — M. **André Brochet** : *Sur la réduction catalytique de l'indigo et des colorants pour cuve.* De l'indigo sec ou sous forme de pâte est mis en suspension dans l'eau tenant en dissolution un peu de soude caustique, et l'on ajoute du nickel actif, noyé à l'abri de l'air dans de l'eau bouillie aussitôt après sa réduction. Si l'on agite ce mélange dans une atmosphère d'hydrogène, on constate la décoloration de l'indigo et son passage à l'état d'indigo blanc qui donne aussitôt la solution jaune verdâtre bien connue. L'action se produit déjà à la température ordinaire ; elle est excessivement rapide si l'on opère vers 60°-80°. Le nickel actif conserve ses propriétés pendant un temps fort long. Ce procédé a l'avantage de permettre d'obtenir économiquement des solutions concentrées d'indigo blanc, exemptes d'impuretés et de sels, qui pourront être concentrées dans le vide afin d'obtenir l'indigo blanc en pâte. La même méthode est susceptible de s'appliquer à d'autres colorants pour cuve.

2° Sciences naturelles. — M. **E. L. Bouvier** : *Sur les formes adaptatives du Scyllarus arctus L. et sur le développement post-larvaire des Scyllares.* M. Bouvier a trouvé dans les collections de la Princesse-Alice un exemplaire de *Nisto asper*. Il présente, non seulement tous les caractères du stade post-larvaire *nisto*, mais en outre certaines particularités propres au *Scyllarus arctus*. Il suit de là que cette dernière espèce, avant d'acquérir sa forme définitive, présente à partir du phyllosome deux stades *nisto* successifs, probablement séparés par une mue : l'un petit, déprimé, rugueux et riche en épines ou spinules ; l'autre plus grand et plus convexe, lisse, presque totalement dépourvu d'épines ; le premier est le stade *nisto-asper*, le second le stade *nisto laevis*. Les deux formes décrites par Sarato comme des espèces autonomes représentent en réalité deux états post-larvaires du *S. arctus*. Le *Sc. immaturus* parait être le nisto du second stade du *S. pygmaeus*. Le *Sc. depressus* serait de même le nisto du second stade du *Sc. americanus*. — M. **M. Molliard** : *L'azote libre et les plantes supérieures.* L'auteur déduit de ses expériences que le radis est incapable d'utiliser l'azote libre de l'air. Il est vrai que ses plantes ont toujours eu à leur disposition de l'azote combiné et que, d'après Mameli et Polacci, l'assimilation de l'azote de l'air est favorisée par la faim de la plante en azote combiné. Toutefois, des plantes provenant de graines mises à germer, en tubes fermés à l'ouate, sur une solution exempte dès le début d'azote combiné, n'ont jamais offert un poids d'azote supérieur à celui qui existait dans la graine. — M. **J. Caralp** : *Sur un mélaphyre permien des Pyrénées ariégeoises.* Aux environs de Nescus (Ariège), l'auteur a trouvé en coulées épaisses une roche qui doit être classée dans la catégorie des mélaphyres augitiques. Elle renferme peu de minéraux accessoires, mais beaucoup de minéraux secondaires : calcite, calcédonite, delessite, bowlingite, produits ferrugineux. Cette roche se rencontre à la partie supérieure des grès et argiles du Saxonien et est parfois recouverte par des calcaires siliceux du Thuringien ; elle date donc des derniers temps de l'époque primaire.

Séance du 8 Mars 1915

M. le Président annonce le décès de M. **W. Hittorf**, Associé étranger.

1° Sciences physiques. — M. **A. Leduc** : *Les phénomènes de diffraction et le mouvement de la Terre.* L'auteur a fait, avec M. Décombe, des observations pour montrer l'influence du mouvement de la Terre sur son orbite sur les phénomènes de diffraction, en opérant sous l'incidence normale. Les observations n'ont donné aucun résultat, contrairement aux déductions de Mascart. L'auteur montre que le raisonnement élémentaire de Mascart est erroné. — M. **Em. Saillard** : *La catalyse dans l'oxydation des sulfites alcalins.* L'auteur a constaté qu'en sucrerie il se forme plus de sulfates par oxydation si l'on sulfite les jus à 12 % de sucre que si l'on sulfite les sirops à 50 % de sucre ou les égouts. Il s'en forme plus également si l'on fait la sulfitation à une température élevée. Enfin, il est difficile d'oxyder les sulfites alcalins des mélasses en faisant barboter de l'air dans celles-ci. Le sulfite et le carbonate de calcium qui prennent naissance, lorsqu'on opère simultanément la sulfitation et la 2e carbonatation peuvent activer la transformation en sulfates des sulfites alcalins dissous ; de même si l'on sulfite des jus ou des sirops d'usines qui contiennent de la chaux précipitable, le sulfite de Ca qui se met en suspension peut favoriser l'oxydation des sulfites alcalins dissous.

2° Sciences naturelles. — MM. **Agasse Lafont**, **Desmoulins** et **F. Heim** : *Sur la pneumokoniose des polisseurs de métaux.* Chez les polisseurs de métaux, dont l'état de santé reste en apparence assez bon pour qu'ils puissent continuer, pendant de longues années, l'exercice de leur profession, on constate l'existence constante d'une pneumokoniose qu'on peut, cliniquement et radiologiquement, caractériser comme suit : toux, expectorations sans hémoptysies, contrastant avec le caractère atténué des signes physiques : intensité des ombres ganglionnaires, pulmonaires, bronchitiques, médiastinales, à l'examen radioscopique. Chez les polisseurs d'étain, une imprégnation saturnine se superpose, révélée par des signes hématologiques et aboutissant le plus souvent à des manifestations cliniques marquées. — M. **Weinberg** : *Recherches sur la gangrène gazeuse.* L'auteur communique de nouvelles observations montrant que, dans la grande majorité des cas, la gangrène gazeuse est due au *B. perfringens*. Il a préparé, avec des cultures de 24 h. de ce microbe en bouillon glucosé, lavées en eau physiologique et chauffées 1 h. à 60°, un vaccin qui est bien supporté et a une bonne action sur l'évolution de la maladie. Pour les cas à marche foudroyante, il utilise un sérum préparé en faisant au cheval des injections intra-veineuses d'abord de cultures mortes, puis de cultures vivantes du microbe. Ce sérum s'est montré nettement préventif, et curatif chez le cobaye. Il vient d'être essayé avec succès sur l'homme. — MM. **M. Lugeon** et **G. Henny** : *Sur la zone du Canavese et la limite méridionale des Alpes.* Les auteurs ont reconnu qu'à côté des éléments alpins, la zone dite du Canavese (formant la limite entre les Alpes et les Dinarides) contient également des couches appartenant aux formations dinariques. La zone dioritique n'est qu'un noyau cristallin dinarique dont la couverture sédimentaire revêt la forme d'un vaste anticlinal (anticlinal insubrien), à grand rayon parallèle à la limite alpino-dinarique. Le flanc nord de l'anticlinal s'enfonce sous les Alpes et fait réapparaître sa couverture sédimentaire à cette limite elle-même.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 23 Février 1915

M. **Gilbert Ballet** présente, au nom d'une Commission spéciale, un rapport *sur les mesures à prendre contre l'alcoolisme.* Il conclut à l'adoption des vœux suivants : L'Académie de Médecine, regrettant que les mesures destinées à lutter contre le développement et la diffusion de l'alcoolisme en France aient été trop longtemps ajournées, estimant que le devoir patriotique commande impérieusement de prendre ces mesures sans retard, renouvelle aux pouvoirs publics ses félicitations pour la suppression de la fabrication et de la vente de l'absinthe, et émet le vœu : 1° Qu'on institue une surtaxe et une réglementation pour la fabrication et la vente de tous les apéritifs renfermant des essences, et même pour ceux à base de vin titrant plus de 23°; 2° Que le Parlement prenne les mesures nécessaires pour réduire dans un bref délai, et d'une façon notable, le nombre des débits; 3° Qu'une loi interdise la vente des spiritueux, des liqueurs ou des apéritifs autres que ceux à base de vin titrant moins de 23° et ne renfermant pas d'essences, en dehors des salles de restaurant et autrement que comme accessoires de la nourriture; 4° Qu'il soit défendu, sous des peines sévères, de servir dans les débits, de quelque nature qu'ils soient, des boissons alcooliques aux femmes et aux enfants seuls ou accompagnés de leurs parents; 5° Qu'on abolisse le privilège des bouilleurs de cru; 6° Qu'on ne reconnaisse pas comme susceptibles de réclamation par voie judiciaire, les dettes pour achat à crédit d'alcool au détail. En outre, l'Académie appelle l'attention des pouvoirs publics sur la nécessité qu'il y a à prendre les dispositions indispensables pour assurer le respect des lois ou décrets visant la consommation des boissons alcooliques; elle réclame l'application de la loi sur l'ivresse publique, fâcheusement tombée en désuétude, en faisant appel, au besoin, au concours de la Ligue nationale antialcoolique. Elle signale l'intérêt qu'il y aurait, à l'heure présente, à faire inspecter les agglomérations militaires du territoire où sont réunis des soldats valides, convalescents ou blessés, pour s'assurer qu'une fâcheuse tolérance n'y expose pas ces soldats aux graves inconvénients de l'alcoolisation ou de l'ivresse. — M. **M. Mendelssohn** : *De la valeur diagnostique et pronostique de l'examen électrique des nerfs sectionnés ou comprimés.* L'auteur montre que l'examen électrique des nerfs lésés présente une valeur diagnostique incontestable, quoique relative, et une valeur pronostique de premier ordre. Dans ces conditions, il paraît indiqué que tout examen fonctionnel d'une blessure des nerfs soit corroboré par un examen électrique minutieux, qui permettrait dans la majorité des cas de reconnaître les différents degrés d'altération du nerf sectionné ou comprimé. Quant à l'incision exploratrice, elle devrait être réservée pour des cas exceptionnels et très compliqués, dans lesquels l'exploration électrique ne peut fournir aucun renseignement précis sur l'évolution de la lésion dans le nerf intéressé. — MM. **Leclainche** et **Vallée** : *Sur le traitement sérique spécifique des plaies.* Les auteurs montrent qu'il est possible d'assurer la digestion des agents microbiens des plaies en apportant aux cellules organiques, avec un sérum spécifique, les sensibilisatrices correspondantes, et de conserver à ces cellules toute leur vitalité et leur aptitude à édifier des tissus de réparation, qui sont souvent altérées par l'emploi des antiseptiques. Dans ce but, les auteurs préparent un sérum polyvalent renfermant les anticorps correspondant aux agents des diverses inflammations et suppurations : staphylocoques, streptocoques, colibacilles, bacille pyocyanique, *Proteus*, vibrion septique, *B. perfringens*. L'action du sérum polyvalent s'exerce localement sur les plaies de toute nature et de toute origine, suppurantes ou non; son application est indolore. Le pus s'atténue et disparaît rapidement, la plaie se déterge. L'emploi du sérum est exclusif de tout antiseptique. — MM. **Oelsnitz**, **Bourcart** et **Ronchise** : *L'étude du sang pur appliquée au diagnostic de la fièvre typhoïde et d'autres maladies infectieuses.* Les auteurs recommandent, pour le diagnostic précis et rapide de certaines maladies infectieuses en temps de guerre, la méthode de Hayem consistant dans l'examen microscopique immédiat d'une goutte de sang pur recueilli sur une lame à rigole. Le sang des typhiques, en particulier, présente un réticulum fibrineux invisible en couche mince avec diminution des globules blancs; les travées des globules rouges, espacées, clairsemées, délimitent des espaces ouverts ou « mers ». Cette méthode aide à l'orientation du diagnostic chaque fois que la séro-agglutination ne peut être pratiquée, ou chez les sujets ayant subi la vaccination antityphoïde qui ont tous un séro-diagnostic positif. Elle permet de distinguer la fièvre typhoïde de l'embarras gastrique fébrile, des pneumonies et bronchites à allure anormale.

Séance du 2 Mars 1915

L'Académie adopte à l'unanimité les conclusions du Rapport de M. Gilbert Ballet sur les mesures à prendre contre l'alcoolisme (voir ci-dessus).

MM. **L. Spillmann** et **A. Sartory** : *Le traitement du tétanos confirmé par le sérum antitétanique et le chloral.* La pratique des auteurs à l'Hôpital militaire de Nancy les amène aux conclusions suivantes : 1° Lorsque les provisions de sérum antitétanique sont suffisantes, tout blessé venant du champ de bataille doit recevoir une injection préventive de sérum antitétanique. Lorsque les provisions seront insuffisantes, le sérum sera réservé aux blessés à grand délabrement dont les plaies anfractueuses auraient été souillées de terre. 2° Dès qu'un signe seulement probable de tétanos est constaté chez un blessé qui n'a pas reçu d'injection préventive, il faut faire immédiatement des injections sous-cutanées de sérum (40 cm³ par jour au moins), prescrire 18 à 20 gr. de chloral par 24 h. et l'enveloppement ouaté de la tête. S'assurer toujours de la date à laquelle aurait pu être faite antérieurement une injection de sérum préventive, pour éviter les accidents anaphylactiques. 3° Dans le tétanos confirmé, agir de même. 4° Le transfert des blessés atteints de tétanos confirmé paraît leur être fatal. Il faudrait donc traiter les tétaniques sur place, dans les formations sanitaires où ils se trouvent. — MM. **P. Carnot** et **E. Weill-Hallé** : *Etude bactériologique et clinique de quelques cas de typhoïde chez les vaccinés.* 1° Dans l'immense majorité des cas, la vaccination antityphique préventive donne une immunité complète. 2° Dans quelques cas très rares, les vaccinés ont présenté une maladie d'allure typhique : à l'examen bactériologique, celle-ci a été rapportée, parfois, à un bacille paratyphique; mais, le plus souvent, le bacille d'Eberth lui-même en était la cause. 3° L'insuffisance d'immunisation, dans quelques cas, peut être attribuée à un mode défectueux de vaccination : doses insuffisantes, séances trop espacées. 4° Le fléchissement de l'immunité vaccinale paraît lié, parfois, à un affaiblissement de l'organisme, par surmenage des troupes en campagne, par maladies associées (tuberculose). 5° Dans d'autres cas, il y a lieu de mettre en cause l'abondance ou la virulence des germes typhiques absorbés : en pareilles conditions, une immunité moyenne ne suffit plus, et il serait utile de procéder à une hyperimmunisation par vaccination renforcée. 6° Alors même que l'immunisation vaccinale paraît avoir été insuffisante, il est remarquable de constater que la dothiénentérie développée chez les vaccinés est presque toujours bénigne, de courte durée et sans complication. 7° Ces constatations, bien loin de faire échec à la méthode des vaccinations antityphiques, lui apportent, au contraire, un argumen de plus.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 19 Février 1915

M. Maurice Hamy décrit un *dispositif, construit d'après ses indications par M. Jobin, permettant d'obtenir facilement les radiations d'arc des solides conducteurs en faisant emploi de courant alternatif.* Dans cet appareil, la source rayonnante est constituée par les étincelles de rupture du contact de deux électrodes, dont l'une est liée à un moteur électrique et l'autre fixée à l'extrémité d'un levier mobile autour d'un axe. La touche des électrodes, pendant la marche, doit se réduire à un simple frôlement. Elle est réglable au moyen de vis. La pression modérée déterminant leur frottement est assurée par un contrepoids. Un amortisseur à eau, en liaison avec le levier, a d'ailleurs pour effet de régulariser le fonctionnement de l'appareil. En cas d'emploi d'un moteur synchrone, l'émission lumineuse offre l'apparence d'une flamme continue. Mais ce genre de moteur ne démarrant pas de lui-même, l'auteur a préféré faire usage d'un petit moteur à cage d'écureuil dont la mise en marche est automatique. Le rotor de ce moteur n'étant pas accroché au champ inducteur, la phase du courant change légèrement entre deux contacts successifs des électrodes, en sorte que l'arc subit des variations périodiques d'intensité. Il s'allume et s'éteint de trente à quarante fois par minute, suivant le moteur. Il n'en résulte aucun inconvénient, au point de vue spectroscopique. Le nombre de flammes, émises pendant la durée de la pose, sert même à évaluer l'impression photographique. M. Hamy a vérifié que les radiations engendrées par cet appareil, pour le fer, sont les mêmes que celles de l'arc continu ordinaire. Les étalons secondaires de Fabry et Buisson sont identiques, dans les deux cas, au point de vue de la simplicité optique. L'objet principal que l'auteur a cherché à atteindre, en réalisant ce dispositif, était d'obtenir des spectres photographiques du fer, présentant un aspect toujours identique, même à des dates très différentes. Il a trouvé, avec M. Millochau, que ce desideratum est obtenu, dans les limites de variations du Secteur de la rive gauche (95 volts à 130 volts), en calculant le temps de pose T par la formule $T = k\,V^{-9}$, V étant le voltage aux bornes du secteur et k une constante dépendant des conditions expérimentales et de la résistance intercalée dans le circuit de l'arc (6 ohms dans ses expériences). L'appareil de M. Hamy peut d'ailleurs être monté pour utiliser le courant continu. — M. **Foveau de Courmelles**: *Détermination de la position des projectiles dans le corps humain par la radioscopie.* On peut déterminer de suite à

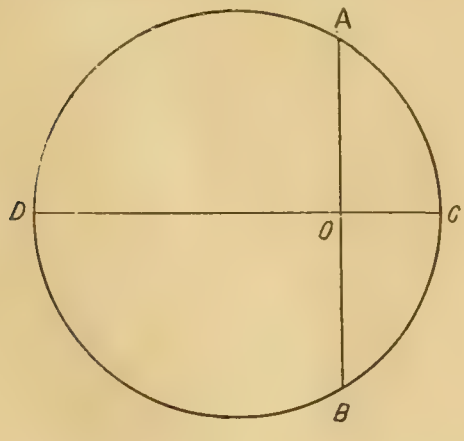


Fig. 1.

l'écran fluorescent avec une grande approximation la position du corps étranger dans l'organisme; réaliser cette nécessité de guerre est très utile, surtout sur le front des armées; un fluoroscope qui met l'observateur dans l'obscurité permet des observations rapides. On peut, comme M. Francis Hernaman-Johnson, diaphragmer le corps étranger et l'encercler d'un anneau métallique de 3cm de diamètre fixé à une tige de bois; on marque alors le point correspondant sur la peau au centre de l'anneau; plaçant ensuite l'anneau en arrière, on détermine un autre point marqué de même; les trois points se trouvent sur la même verticale. On opère ensuite à angle droit et marque sur la peau deux autres points d'une même verticale perpendiculaire à la première. On porte sur le papier (fig. 1) la figure A, C, B, O, où la mesure directe sur le membre de A, C, B donne sur le papier une flèche mesurable C O, indiquant en C le point d'incision : C O est la profondeur du projectile. Le point D sert à fixer le chirurgien, son incision faite en C, sur la perpendicularité à suivre. En opérant d'une façon très analogue, j'ai rendu la méthode générale et plus rapide, tout en supprimant la nécessité de diaphragmer, opération souvent longue pour les corps de petit volume. Remplaçant mon index primitif marquant sur la peau la place du corps étranger, j'ai doublé l'appareil anglais, c'est-à-dire pris deux anneaux fixés sur deux planchettes évidées à cet effet (fig. 2); le tout est

Fig. 2.

recouvert d'étoffe afin d'éviter au patient la sensation de froid, et par suite des mouvements intempestifs; l'anneau n'est ainsi visible qu'à l'écran. On regarde le corps étranger, radioscopiquement, puis on l'entoure, en avant et en arrière en même temps, de chacun des anneaux, où un trou au centre laisse entrer le crayon de nitrate d'argent ou dermographique devant marquer les deux points nécessaires sur la peau, où un petit déclic marque ce centre à l'aniline; on opère de même, à angle droit, ou non, mais toujours en se plaçant de façon à avoir deux faces parallèles du segment de membre considéré. On forme ainsi des triangles semblables (fig. 3) donnant :

$$\frac{EG \text{ (ou } x)}{GF} = \frac{AB}{CD}$$

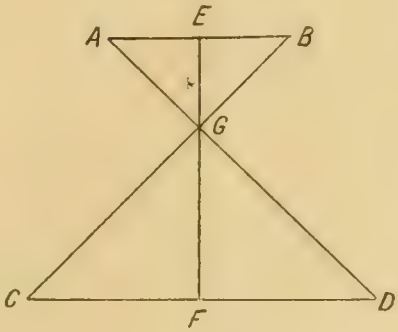


Fig. 3.

ou encore

$$\frac{EG - GF}{EG} = \frac{AB - CD}{AB};$$

EG + GF est égal à e, l'épaisseur du corps, pris avec un compas d'épaisseur au milieu des distances AB et CD; la plus courte de ces distances, soit AB, est la plus rapprochée du corps étranger; son milieu, ou E, sera le point d'incision, et F, son antipode, un point de repère pour l'opérateur. On a donc enfin :

$$\frac{e}{x} = \frac{AB + CD}{AB} \quad \text{ou} \quad x = \frac{e \times AB}{AB + CD};$$

e, AB, CD sont connues, x s'en déduit facilement. Pour le thorax, où, on le comprend aisément, la prise de deux radioscopies perpendiculaires est impossible, vu l'épaisseur dans le sens transversal, à moins de projectiles gros ou de sujets maigres, la même méthode s'applique. On prend le sujet, la face ou le dos opposé à l'écran, mais bien parallèle à cet écran, bien éclairé; on détermine facilement, parfois même sans diaphragmer, la perpendiculaire EF par les deux anneaux encerclant le corps étranger. On place alors de profil le malade, englobant deux segments parallèles, à l'avant et à l'arrière, et l'on a la ligne AD, par exemple, et notre formule de tout à l'heure devient :

$$EG \text{ ou } x = \frac{e \times AE}{AE + FD}.$$

Le point d'incision est sur la plus petite droite joignant du même côté deux des quatre points déterminés, et la distance x est connue. Dans le cas de segment du corps à faces non parallèles, la perpendiculaire et l'oblique passant par le corps étranger déterminent le point de l'incision et sa direction. En six mois de radiographie, sur de nombreux blessés des trois sections de la Croix-Rouge française, ces données ont été vérifiées.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 21 *Janvier* 1915

Sciences physiques. — M. **A. E. H. Love** : *La transmission des ondes électriques sur la surface de la Terre.* L'auteur donne une solution analytique des équations générales de l'Electrodynamique pour le cas des ondes engendrées par un doublet vibrant en présence d'une sphère conductrice, et il en déduit la solution connue pour la conduction parfaite et la correction pour une résistance modérée, comme celle de l'eau de mer. La solution connue est exprimée par la somme d'une série comprenant des harmoniques zonales, et la correction par une série analogue. Des résultats différents ont été obtenus par les divers auteurs qui ont déterminé la valeur numérique de la première somme. L'auteur décrit une nouvelle méthode pour sommer la série et l'applique en détail pour une longueur d'onde de 5 kilomètres. Dans le cas de la conduction parfaite, le résultat confirme celui qu'a trouvé H. M. Macdonald. On trouve que l'effet de la résistance consiste dans une légère augmentation de l'intensité des signaux aux distances considérables, compensant dans une faible mesure l'affaiblissement dû à la courbure de la surface. La comparaison des résultats de la théorie avec ceux des expériences montre que la théorie de la diffraction concorde bien avec les observations de jour à grande distance. — M. **L. Silberstein** : *Les ondes électromagnétiques dans un tube parfaitement conducteur.* Le problème des ondes dans les tubes conducteurs, qui a déjà été traité par divers auteurs, est envisagé ici dans le but de développer quelques solutions qui offrent des particularités remarquables en ce qui concerne la vitesse des ondes correspondantes. Les ondes étudiées sont symétriques axialement et du type permanent. Leur vitesse de transmission le long du tube est une fonction relativement simple de la période de vibration et de l' « ordre » des ondes, et elle dépasse, pour chacune de ces ondes, la vitesse de la lumière dans l'espace libre. L'auteur illustre par deux exemples les particularités de distribution des lignes de force. Le mémoire se termine par des remarques sur les superpositions d'ondes d'espèce donnée, plus spécialement des pulsations électromagnétiques. — M. **H. B. Keene** : *Un radiateur parfait chauffé électriquement.* Les conditions essentielles de la détermination de la constante de la loi de radiation Stefan-Boltzmann sont que l'émetteur et le récepteur soient à la fois des radiateurs parfaits, ou que la quantité dont ils diffèrent de ces radiateurs soit connue — quantité difficile à déterminer avec certitude. Jusqu'à présent, aucune mesure de cette constante n'a été faite avec des radiateurs parfaits. L'auteur décrit une « enceinte à température constante », chauffée électriquement, qui a été construite pour des températures voisines de 1 100° C. Elle consiste en un cylindre creux d'alumine, d'environ 20 cm. de diamètre, fermé par des pièces coniques de la même substance. Trois enroulements séparés de bandes de platine permettent d'assurer la distribution de la température dans l'enceinte, qui peut être rendue uniforme à 2 ou 3 degrés près. Au sommet de l'un des cônes se trouve une ouverture circulaire qui émet une radiation très proche de la radiation parfaite; elle n'en différerait que de 0,2 %. L'auteur se propose d'employer ce radiateur, de concert avec un récepteur parfait décrit antérieurement, pour mesurer la valeur de la constante de radiation pour les corps noirs.

Séance du 28 *Janvier* 1915

Sciences naturelles. — M. **W. W. C. Topley** : *Influence de la concentration saline sur l'hémolyse.* La méthode employée par l'auteur consistait à faire varier le pourcentage de Na Cl présent dans un mélange de globules rouges de mouton, d'anticorps hémolytique et de complément. L'anticorps hémolytique était fourni par un lapin immunisé, et du sérum de cobaye frais, absorbé préalablement par un excès de globules rouges de mouton à 0°, fournissait le complément. Lorsqu'on employait des pourcentages hypotoniques de Na Cl, les solutions étaient faites dans une solution de saccharose à 7,8 %. Les résultats obtenus, qui confirment ceux d'autres auteurs, sont les suivants : 1° La présence d'un excès d'électrolyte (Na Cl) au-dessus de la limite normale dans un mélange hémolytique prévient la combinaison du complément avec le complexe globule rouge-anticorps. 2° Si la concentration de l'anticorps est augmentée d'une façon notable, il est possible, jusqu'à un certain point, de contrebalancer l'effet de l'accroissement de concentration de l'électrolyte. 3° Si l'on diminue la concentration du sel, une concentration moindre de l'anticorps peut produire l'union des globules rouges et du complément. 4° Dans un milieu presque complètement exempt de sel, la combinaison a lieu en l'absence complète d'anticorps. — M. **J. Ch. Bose** : *L'influence des courants électriques homodromes et hétérodromes sur la transmission de l'excitation chez les plantes et les animaux.* On peut résumer par les lois suivantes l'action du courant électrique qui consiste à induire des variations de conductivité à la fois dans le tissu conducteur des plantes et dans les nerfs des animaux : 1° Le passage d'un courant induit une variation de conductivité dont l'effet dépend de la direction et de l'intensité du courant. 2° Sous une faible intensité, le courant hétérodrome augmente, et le courant homodrome diminue la conduction de l'excitation. 3° L'effet récurrent d'un courant faible est une variation de conductivité passagère, dont le signe est opposé à celle qui a été induite pendant le passage du courant. 4° La variation de conductibilité normale subit un renversement sous une intensité de courant dépassant la valeur critique : le courant hétérodrome induit alors une décroissance, et le courant homodrome une élévation de conductibilité. — M. **G. Smith** : *Le cycle évolutif des Cladocères, et remarques sur la physiologie de la croissance et de la reproduction chez les Crustacés.* En isolant de jeunes *Daphnia pulex* à la naissance et en les conservant à 27° C., il a été possible de les faire multiplier pendant dix-neuf générations sans apparition de mâles ou de femelles éphippiales ; il s'est formé 3.752 femelles parthénogénétiques. Des cultures parallèles, dans lesquelles les parents sont maintenus au nombre de 10 dans un verre à la température de 10°-17° C., produisent environ 7 % de mâles et 10 % de femelles éphippiales. L'état d'encombrement réalisé dans ce dernier cas n'influe pas

directement sur la fourniture de la nourriture, mais paraît agir par l'accumulation d'excrétions dans les verres. Les femelles parthénogénétiques maintenues isolées à 27° C. croissent et se reproduisent plus rapidement que celles qui sont entassées à 10°-17° C. et elles emmagasinent les matériaux de réserve presque exclusivement sous forme de glycogène, tandis que les parents entassés à une température plus basse tendent à accumuler de la graisse au lieu de glycogène et sont entravés dans leur croissance. L'accumulation de graisse opposée au glycogène est caractéristique des mâles et des femelles éphippiales; cette accumulation produite expérimentalement chez les femelles parthénogénétiques entassées à 10°-17° est la cause de la production par elle de formes sexuelles. On peut conclure que l'habitude d'emmagasiner du glycogène conduit à une croissance rapide et à la parthénogenèse, qui est une forme de croissance discontinue, tandis que l'habitude d'accumuler de la graisse conduit à une inhibition de la croissance et au mode sexuel de reproduction. Chez les Crustacés supérieurs, l'acte de la croissance et de la mue est accompagné d'une accumulation de glycogène dans les cellules de réserve du foie, tandis que dans les périodes entre les mues l'emmagasinement de graisse prédomine. Chez les Cladocères et les Décapodes, la croissance d'une part, la maturité sexuelle de l'autre, sont accompagnées d'un type différent de réserve, qui est aussi distinct chez le mâle et la femelle. C'est le fait physiologique qui est à la base de l'antagonisme entre la croissance et le sexe. La reproduction sexuelle est une réaction aux conditions où la croissance continue est désavantageuse ou impossible. La différenciation sexuelle est une économie ou une division du travail par laquelle la cellule reproductrice femelle emmagasine les matériaux pour le développement et perd par conséquent le pouvoir de se diviser, tandis que la cellule mâle retient le pouvoir de se diviser, mais se repose sur la cellule femelle du soin de fournir les matériaux de développement. — **M. T. Goodey** : *Recherches sur le rapport des Protozoaires avec le facteur qui limite l'activité bactérienne du sol.* Divers sols, privés de Protozaires par stérilisation partielle, ont été inoculés avec des cultures de Ciliés, d'Amibes et de Flagellés, et des numérations périodiques des bactéries du sol ont été faites pendant dix-huit mois. Les résultats montrent que la présence des Protozaires n'est pas le facteur qui limite l'activité bactérienne du sol.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 12 *Février* 1915

M. A. C. Swinton : *Une pile galvanique qui renverse sa polarité quand elle est éclairée.* Si deux plaques — l'une de zinc, l'autre de cuivre étamé recouverte d'un côté de sélénium et vernie avec un émail sur le reste de sa superficie — sont immergées dans de l'eau de canalisation, le courant électrique qui passe à travers un galvanomètre relié aux deux plaques montre qu'à l'obscurité le zinc est électropositif par rapport au sélénium, et que la lumière tombant sur le sélénium augmente cet effet. Par contre, si, au lieu de zinc, on emploie du carbone ou du cuivre pour la plaque non recouverte, on obtient un résultat intéressant : tandis que le sélénium est électropositif par rapport au carbone ou au cuivre dans l'obscurité, il devient immédiatement électronégatif par rapport à eux dès qu'il est illuminé, ce dont on s'aperçoit facilement par les déviations en sens contraires du galvanomètre. — **M. S. P. Thompson** : *Sur le critère de l'acier propre aux aimants permanents.* Quelle que soit la forme à donner à un aimant permanent, les qualités nécessaires de l'acier employé à sa construction doivent être : 1° un fort magnétisme rémanent I_{rem}, 2° une grande force coercitive H_c. Depuis les déterminations d'Hopkinson en 1885, on a supposé que la meilleure substance pour fabriquer les aimants permanents serait celle pour laquelle ces deux quantités et, par conséquent, leur produit numérique seraient le plus élevés possible. Récemment, M. J. A. Mathews et, indépendamment, M. J. R. Ashworth ont proposé de prendre comme critère le rapport $H_c : I_{rem}$ ou $H_c : B_{rem}$. L'auteur donne une table des valeurs de H_c et I_{rem}, de leur rapport et de leur produit pour un certain nombre d'aciers, d'où il se dégage nettement que l'emploi du rapport comme critère d'utilisation magnétique conduit aux résultats les plus absurdes. Comme exemple, de l'acier au manganèse recuit (presque non magnétique) serait, d'après le rapport, six fois meilleur que l'acier Remy, tandis qu'en réalité, à égalité d'attraction, un aimant en acier au manganèse devrait être 312 fois plus lourd qu'un aimant en acier Remy. L'auteur termine en indiquant les qualités nécessaires à un acier idéal pour aimants permanents. M. **S. W. J. Smith** est du même avis que M. S. P. Thompson pour le cas général; mais, dans le cas où la constance du moment de l'aimant a plus d'importance que sa grandeur, le critère du rapport $H_c : I_{rem}$ paraît préférable. **M. E. H. Rayner** estime qu'au point de vue pratique on peut classer les aciers pour aimants d'après la valeur du produit $(H_c - 20)(I_{rem} - 400)$. — **MM. A. B. Wood** et **A. I. Steven** : *Etude de l'effet photographique des atomes qui subissent le recul radioactif.* Les effets ionisant, phosphorescent et photographique des particules α d'une substance radioactive cessent entièrement quand la particule retient encore 40 o/o de son énergie cinétique. Il paraît donc possible que les atomes qui subissent le recul d'une source radio-active puissent affecter une plaque photographique, car, quoique le parcours d'un atome rebondissant soit seulement le 1/500e de celui de la particule qu'il expulse, Wertenstein et l'un des auteurs ont montré que l'effet ionisant est 10 fois plus puissant que celui de la particule α sur le parcours correspondant. Des essais ont été faits pour mettre en lumière cette action avec l'atome en recul du polonium, cette substance étant choisie à cause de la nature inactive de cet atome. Deux méthodes distinctes ont été employées : 1° l'atome en recul a été « absorbé »; 2° la différence de déviation de la particule α et de l'atome soumis au recul dans un fort champ magnétique a été utilisée pour séparer leurs effets. On a employé des plaques de Schumann, qui sont très facilement pénétrables; mais dans tous les cas les résultats ont été négatifs ou peu concluants. Cela provient probablement du fait que les atomes soumis au recul ne peuvent pénétrer assez profondément dans la couche sensitive pour rendre le grain développable.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 27 *Juin* 1914

1° Sciences mathématiques. — **M. W. Kapteyn** : *Sur une équation intégrale particulière.* — MM. W. Kapteyn et Jan de Vries présentent un travail de **M. J. van Uven** : *Elimination des erreurs et détermination de la précision au moyen de vecteurs.* Extension de la méthode de von Schrutka et Rodriguez à un nombre quelconque de variables et un nombre de conditions quelconque également, et déduction du poids des variables. — **M. J. P. van der Stok** : *Sur la façon de traiter les fréquences de grandeurs vectorielles.* L'auteur examine quelle est la forme à donner aux fréquences de la vitesse du vent, indépendamment de la direction, et à celles de la direction sans tenir compte de la vitesse; il examine en outre jusqu'à quel point les séries de nombres observées s'écartent de ce qu'on peut considérer comme valeurs normales ou valeurs étalons, représentées par le premier terme de la série adoptée. — **MM. H. G. van de Sande Bakhuyzen, N. Wildeboer** et **J. W. Dieperink** : *Comparaison de la règle employée dans la mesure d'une base près de Stroe avec le mètre néerlandais n° 27.* — **M. H. G. van de Sande Bakhuyzen** : *Comparaison du mètre néerlandais n° 27, en platine iridié, avec le mètre international M déduite d'observations de la Commission néerlandaise du mètre en 1879*

et 1880, ainsi qu'une détermination préliminaire de la longueur de la règle de l'appareil de base français en mètres internationaux.

2° Sciences physiques. — MM. H. A. Lorentz et F. A. H. Schreinemakers présentent un travail de M. **J. J. van Laar** : *Sur des discontinuites thermodynamiques apparentes et leurs rapports avec la valeur de la grandeur b pour des volumes infiniment grands.* L'auteur revient sur ce résultat important de ses recherches antérieures, que la valeur de b dans l'état gazeux idéal n'est pas égale à 4 fois le volume propre des molécules, ainsi que l'exige la théorie cinétique classique, mais est à peine plus grande que ce volume même ; il enlève d'ailleurs à ce résultat son caractère paradoxal. — M. **P. Zeeman** : *Le coefficient d'entraînement de Fresnel pour diverses couleurs.* I. Répétition de l'expérience célèbre de Fizeau sur l'entraînement de la lumière par l'eau en mouvement; preuve de l'existence d'une dispersion du coefficient d'entraînement, conformément à la formule donnée par Lorentz. — MM. **H. Haga** et **F. M. Jaeger** : *Sur la véritable symétrie de la cordiérite et de l'apophyllite.* Analyse röntgénographique de ces cristaux mimétiques; elle a permis de conclure à l'exactitude de l'hypothèse de Mallard concernant l'explication des anomalies optiques de l'apophyllite. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **G. J. Elias** : *L'action de l'aimantation des électrodes sur la force électromotrice.* L'auteur établit une formule donnant la force électromotrice entre deux électrodes d'un même métal, dont l'une est aimantée, plongées dans une solution d'un sel de ce métal. Des expériences faites avec des électrodes en fer et en nickel ont fourni des résultats qui sont d'accord avec la théorie au point de vue du sens de la force électromotrice, mais non au point de vue de la grandeur. — M. **H. A. Lorentz** : *La largeur des raies spectrales.* Application de la théorie des électrons à l'absorption dans un gaz pas très dense. Examen de l'élargissement des raies produit par le mouvement moléculaire. Vérification expérimentale des formules. Calcul de la quantité de vapeur absorbante produisant les raies du spectre solaire. — M. **H. Kamerlingh Onnes** : *Nouvelles expériences dans l'hélium liquide.* L. *Sur la persistance de courants sans force électromotrice dans des supra-conducteurs* (suite de J). La conservation d'un moment électrocinétique. Courants de Foucault persistants. Clefs supraconductrices. Fusion de courants parallèles en un seul courant plus intense. — MM. **H. Kamerlingh Onnes** et **K. Hof** : *Nouvelles expériences dans l'hélium liquide.* N. *Le phénomène de Hall et le changement de résistance dans le champ magnétique.* X. *Mesures relatives au cadmium, graphite, or, argent, bismuth, plomb, étain et nickel, aux températures de l'hydrogène et de l'hélium liquides.* La méthode est la même que dans les expériences de MM. Onnes et Beckmann. — MM. **H. K. Onnes** et **H. A. Kuypers** : *Mesures sur la capillarité de l'hydrogène liquide.* Mesures d'ascension dans un tube capillaire et calcul de l'énergie superficielle entre 15° et 20° K. — MM. **H. Kamerlingh Onnes** et **G. Holst** : *Sur la résistance électrique de métaux purs...* IX. *La résistance du mercure, étain, cadmium, constantan et manganine jusqu'à des températures réalisables avec l'hydrogène liquide et au point d'ébullition de l'hélium.* — MM. Ernst Cohen et P. van Romburgh présentent deux travaux de M. **H. R. Kruyt** : *Potentiels de courant de solutions d'électrolytes.* Etude de la production d'une différence de potentiel par l'écoulement d'une solution d'un électrolyte à travers un tube capillaire. L'auteur opère sur des solutions aqueuses de chlorures de potassium, de baryum et d'aluminium. Les résultats obtenus s'accordent bien avec les vues théoriques générales. *Charge électrique des colloïdes et valeur limite.* L'auteur se sert des résultats des expériences précédentes pour contrôler la théorie de la charge et de la décharge des particules colloïdales. — M. **Ernst Cohen** : *La métastabilité de notre monde métallique comme conséquence de l'allotropie et son importance pour la Chimie, la Physique et les sciences techniques.* II. L'auteur tire des données numériques existantes la preuve que la chaleurs pécifique des métaux n'est pas indépendante des manipulations antérieures auxquelles ces métaux ont été soumis. — MM. A. F. Holleman et S. Hoogewerff présentent un travail de M. **J. Boeseken** : *La catalyse.* L'auteur expose brièvement le développement de ses idées relatives à ce phénomène et montre comment elles ont été appuyées par une déduction qu'en a faite un de ses élèves. Il adresse un appel aux savants pour l'aider à achever l'édifice de la catalyse. — MM. P. van Romburgh et A. P. N. Franchimont présentent les travaux suivants de M. **J. Jaeger** : *Recherches sur les coefficients de température de l'énergie superficielle des liquides à des températures comprises entre 80° et 1650° C.* I. *Méthode et appareils.* II. *Mesures effectuées sur quelques composés aliphatiques* (en collaboration avec M. **J. Smit**). III. *Mesures sur quelques composés aromatiques* (en collaboration avec M. **J. Smit**). IV. *Mesures sur quelques éthers aliphatiques et aromatiques* (en collaboration avec M. **Jul. Kahn**). V. *Mesures sur quelques hydrocarbures aromatiques et cycliques et leurs dérivés halogénés.* VI. *Remarques générales.* En tout 72 substances organiques et une dizaine de substances inorganiques ont été employées. Toujours l'énergie superficielle diminue lorsque la température s'élève. En général la variation n'est pas linéaire. Le coefficient de température $\frac{d\mu}{dt}$ de l'énergie superficielle moléculaire μ a, pour un grand nombre de substances, sensiblement la valeur 2,27 ergs par degré C. (constante d'Eötvös), du moins aussi longtemps que la température n'est pas trop basse, car à basse température le coefficient $\frac{d\mu}{dt}$ augmente fortement. Pour d'autres substances (eau, alcools, acides gras, acétone, pyridine, etc.) le coefficient $\frac{d\mu}{dt}$ est beaucoup plus petit. Pour des sels de métaux alcalains, ce coefficient semble même être très petit. On admet généralement qu'une faible valeur de ce coefficient est un indice de polymérisation, et que les substances pour lesquelles $\frac{d\mu}{dt} = 2{,}27$ sont normales; l'auteur ne partage pas cette manière de voir. L'auteur déduit ensuite de ses données quelques relations entre la valeur de μ et la constitution chimique. La méthode employée est celle de Cantor, rendue pratique par Feustel ; elle donne des valeurs un peu plus élevées que la méthode des ascensions capillaires. — MM. P. van Romburgh et Ernst Cohen présentent un travail de M. **G. de Bruin** : *Sur une combinaison cristalline de l'isoprène et de l'anhydride sulfureux.* Le composé, qui fond à 62°5 sans se décomposer, a pour composition $C_5H_8SO_2$; il est soluble dans l'eau.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Wichmann** : *Sur l'étain de l'île de Flores.* Examen critique des rapports concernant la présence de ce métal dans cette île ; la question est importante, non seulement à un point de vue minier, mais encore pour la connaissance géologique de l'île. — M. C. Eykman et C. H. H. Spronck présentent un travail de M. **L. K. Wolff** : *Sur la formation d'anticorps après injection d'antigènes sensibilisés.* II. Examen du pouvoir immunisant d'un mélange d'érythrocytes et de sérum spécifique avec un excès d'ambocepteurs. — MM. G. A. F. Molengraaff et K. Martin présentent un travail de M. **H. A. Brouwer** : *Sur le terrain granitique des régions de Rokan (Sumatra central) et sur des phénomènes de contact dans les schistes environnants.* Le métamorphisme de contact a un tout autre caractère que celui des zones de contact classiques ; il offre beaucoup d'analogie avec ce qu'on a observé au Plateau Central, en Bretagne et dans les Pyrénées.

J.-E. V.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 7 15 AVRIL 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Physique

Tubes à rayons X en métal. — Les tubes à rayons X émettent une radiation dans toutes les directions, ce qui nécessite l'emploi d'écrans métalliques tout autour d'eux, excepté dans la direction exacte où l'on désire utiliser leur action. Le professeur L. Zehnder [1], se basant sur les bons résultats obtenus en substituant des parois métalliques aux parois de verre dans le rectificateur à vapeur de mercure ordinaire, vient de construire des tubes à rayons X en métal.

La cathode, en magnésie recouverte de tungstène par le procédé Schoop, y est portée par un gros isolateur en porcelaine à haute tension, qui l'isole des parois métalliques du tube fonctionnant comme anode et de l'anticathode. Une petite fenêtre en verre ou en aluminium laisse seule passer un faisceau de rayons X. Même aux vides les plus élevés, ce tube permet, comme celui de Coolidge, d'engendrer des rayons de Roentgen d'une dureté quelconque avec la plus forte intensité.

Ce nouveau mode de construction n'assure pas seulement une grande résistance mécanique, qui était presque nulle avec les tubes de verre très cassants, mais il réalise une grande sécurité pour l'opérateur. Le tube métallique, mis à la terre, peut être manipulé sans crainte, et le danger des lésions qui menaçaient l'opérateur soumis pendant longtemps aux rayons X est pratiquement prévenu d'une façon à peu près complète.

Le nouveau tube paraît appelé à acquérir une grande importance à mesure que l'on aura besoin de sources de rayons X plus puissantes et plus soutenues.

§ 2. — Chimie physique

Une nouvelle sorte de pile. — Une des causes d'affaiblissement des piles électriques, à laquelle on n'a pas prêté beaucoup d'attention, consiste dans l'électrolyse potentielle ou actuelle du sel formé par la combinaison du liquide excitateur avec le métal constituant l'électrode soluble.

Considérons, par exemple, un élément de Volta. Au début de son fonctionnement, le liquide excitateur est une solution d'acide sulfurique : le radical acide de celui-ci se combine avec le zinc, et l'hydrogène se développe sur la lame de cuivre. Vers la fin du fonctionnement de la pile, le liquide n'est presque plus qu'une solution de sulfate de zinc, et le courant qui traverse l'élément, s'il est assez intense, doit fatalement décomposer le sulfate de zinc et déposer du zinc sur le cuivre. Les deux électrodes tendent à devenir identiques, et la pile devient de moins en moins apte à fournir du courant. La pile est polarisée par le zinc.

Mais, d'autre part, il est évident que la molécule de zinc, déposée sur le cuivre, forme avec celui-ci un couple galvanique qui tend à dissoudre de nouveau le zinc et à faire reprendre à la lame de cuivre son état primitif.

Il est donc clair que, dans une pile de Volta, existent deux actions contraires : l'action électrolytique qui tend à déposer du zinc sur du cuivre, et l'action galvanique locale qui tend à dissoudre ce dépôt.

Pour obtenir une pile constante, il faut éviter le dépôt de zinc sur le cuivre. Dans les piles à deux liquides (Daniell, Bunsen, etc.), ce dépôt est évité parce que le sel de zinc reste concentré autour de l'électrode de zinc et ne peut pas, par conséquent, être décomposé.

M. Bellini [1] a tenté d'obtenir le même résultat avec une pile à un seul liquide, qui présenterait, sur les piles à deux liquides, l'avantage d'avoir une résistance intérieure assez basse, les électrodes pouvant être disposées très près l'une de l'autre et enchevêtrées comme dans les accumulateurs.

Dans ce cas, le seul moyen d'empêcher l'électrolyse du sel produit par la réaction chimique est l'emploi d'électrodes telles que ce sel soit insoluble. Le plomb se présente immédiatement à l'esprit, étant donnés son

1. *Electrotechn. Zeitschrift*, 4 févr. 1915.

1. *Bull. de la Société intern. des électriciens*, 3e sér., t. V, p. 35 (févr. 1915).

bas prix et la grande quantité de sels insolubles qu'il forme.

Les premiers essais révélèrent immédiatement un grave défaut : le sel de plomb, sulfate ou chlorure, formé par la réaction chimique, adhère fortement à la surface du plomb et fait augmenter la résistance intérieure de la pile au delà de toute limite admissible. Une légère amélioration fut obtenue en ajoutant de l'acide azotique. Mais la solution complète du problème résida dans l'emploi de l'amalgame de plomb à la place du plomb seul; de cette façon, le sel insoluble qui se forme se détache et tombe automatiquement au fond du vase.

L'amalgame de plomb le plus convenable est constitué de 9 parties de plomb et une partie de mercure; une bonne formule du mélange d'acides est la suivante : eau, 1.000 cm^3; acide sulfurique à 66° B., 80 cm^3; acide nitrique à 36° B., 120 cm^3. Dans ces conditions, la force électromotrice de la pile, avec une seconde électrode de charbon, est de 1,10 à 1,15 volt.

Pendant le fonctionnement, l'amalgame de plomb s'use en forme de coin avec tranchant en bas; il en tombe une pluie de poudre blanche et lourde qui se dépose au fond du vase. De l'électrode de charbon se dégagent des gaz, constitués presque entièrement par de l'azote libre, et un peu d'oxygène et de vapeurs nitreuses. La consommation d'amalgame de plomb à circuit ouvert est très petite.

La f. é. m. de la pile augmente légèrement pendant les premiers instants de fermeture, pour diminuer ensuite uniformément au fur et à mesure que le liquide s'épuise. La courbe de décharge ressemble à celle des accumulateurs.

En ajoutant du liquide neuf et en purgeant la pile du dépôt du fond du vase, on peut maintenir la pile en action aussi longtemps que dure la plaque d'amalgame de plomb. La consommation d'amalgame est d'environ 5 gr. par ampère-heure.

Au point de vue des applications, il semble que cette pile présentera des avantages sur d'autres générateurs dans des cas particuliers, par exemple pour les petits postes de t. s. f. de campagne, pour de petites installations de galvanoplastie et pour des travaux de laboratoire.

§ 3. — Géologie

Le rôle de la géologie dans les opérations militaires. — Aucune guerre n'a mieux montré le rôle de la géologie dans les opérations militaires que celle qui se déroule depuis plus de huit mois.

Elle a reçu avec raison le nom de « guerre de tranchées » à cause de l'importance qu'a pris le creusement des abris dans le sol, et la pioche et la pelle sont devenues les armes communes du soldat, dans la défense comme dans l'attaque. Mais cette construction pose des problèmes pour la solution desquels une bonne connaissance géologique est absolument nécessaire. On comprend immédiatement qu'il y a une énorme différence entre l'établissement de retranchements dans un calcaire corallien dur ou dans une marne tendre.

Les qualités les plus importantes du sol au point de vue militaire se traduisent souvent déjà à l'observation superficielle : les calcaires compacts du Jurassique de l'Alpe de Souabe, du Muschelkalk supérieur sur les pentes de la Forêt-Noire et des Vosges, du Dogger moyen de la Lorraine, forment des surfaces stériles et généralement incultes, dont le sous-sol rocheux paraît souvent au jour. Ici la pioche et la pelle ne sont presque d'aucun secours. Par contre les dépôts diluviaux, les marnes et les argiles du Trias et du Jurassique s'effrittent en général à leur surface en formant une couche épaisse dans laquelle la bêche pénètre avec facilité. On peut compter que le creusement d'une tranchée dans un sol rocheux demandera cinq à dix fois plus de temps que dans un sol tendre. Aussi le commandant des troupes doit-il, en prévision d'une région d'opérations déterminée, munir ses soldats du génie des outils de pionniers les plus appropriés.

La recherche de conditions du sol favorables à la fois au point de vue tactique et géologique exige des connaissances encore plus étendues. Certaines fortifications de campagne sont liées à des emplacements déterminés, et le sol doit être pris là tel qu'il est. Mais, dans la majorité des cas, on doit préférer la nature du sol la plus favorable quand on a le choix entre plusieurs emplacements tactiques possibles. Dans ce but, le commandant d'armée doit posséder au moins les notions fondamentales sur la structure de l'écorce terrestre, ou recourir aux conseils de spécialistes qui, à la vue du terrain ou après consultation de la carte géologique, peuvent lui indiquer sans perte de temps où il rencontrera les conditions de sol les meilleures. Ces remarques s'appliquent non seulement aux fortifications de campagne pour la défense, mais aussi à l'attaque. L'œil averti discernera parfois même, sur le sous-sol rocheux, des couvertures de lehm dans lesquelles on creusera facilement et rapidement des trous d'approche, ou bien on préparera des abris artificiels (avec des sacs de sable, etc.), quand, par exemple, à l'attaque d'une position fortifiée, on n'a pas le temps pendant la nuit de construire des retranchements dans un sol dur.

Les connaissances géologiques sont également nécessaires, en matière de chemins de fer militaires, pour faire sauter les tunnels et surtout pour rétablir les tunnels détruits et construire des voies dans les régions montagneuses. Car les diverses roches se comportent très différemment vis-à-vis des explosifs.

Enfin la pose de mines souterraines, pour l'attaque d'une position fortifiée ou pour faire sauter une ligne de tranchées, nécessite une série de travaux à une certaine profondeur dans le sol, pour lesquels la connaissance des terrains est de toute première importance.

Ces idées sont aujourd'hui d'ailleurs mises en pratique par toutes les armées, et dans les Ecoles militaires où se forment les officiers d'état major, les cours de Géographie physique et de Géologie ont pris une importance de plus en plus grande.

§ 4. — Botanique

La végétation d'avant-garde du volcan Taal. — L'exemple classique du redéveloppement de la végétation sur une île volcanique où toute flore a été détruite par une éruption est celui du Krakatoa. Et les diverses informations qu'en ont rapporté depuis plus de trente ans les botanistes qui l'ont visité nous ont fixé sur l'histoire de la renaissance de sa vie végétale.

D'autres recherches du même genre peuvent cependant ne pas être inutiles, et celles que nous apporte aujourd'hui M. Frank C. Gates[1] sur la végétation d'avant-garde du Taal, aux Philippines, sont intéressantes par le fait du très court espace de temps qui s'est écoulé depuis sa dernière éruption et de sa facilité d'accès.

Le volcan Taal est une montagne basse, qui s'élève au milieu du lac Bombon, dans l'île de Luçon, à 63 kilomètres au sud de Manille. Sa dernière éruption est arrivée à son paroxysme le 30 janvier 1911, et elle a provoqué la destruction complète des villages de l'île et des côtes du lac voisines, faisant près de 1.400 victimes. Des cendres, des ponces, de petites pierres et des vapeurs acides furent rejetées en grande quantité et anéantirent toute la végétation de l'île et des régions voisines à l'ouest et au sud-ouest du volcan.

Depuis le désastre de 1911, le Gouvernement a interdit la résidence dans l'île, et, bien qu'elle soit visitée régulièrement par des pêcheurs philippins et par des touristes, l'homme n'a pas eu virtuellement d'influence sur la nouvelle végétation, qui est toujours à l'état vierge.

Avant que la revégétation pût se produire, il fallait

1. *The Philippine Journal of Science*, t. IX, sect. C, n° 5, p. 391 et suiv.

que l'excès d'acidité du sol fut lavé et que le réensemencement eut lieu. La réalisation de ces deux conditions a demandé un peu plus d'un an. Avec le commencement de la seconde saison des pluies, la renaissance de la flore se manifesta avec rapidité. A la fin de la troisième saison des pluies, presque tout le tiers septentrional de l'île était couvert de végétation, celle-ci étant plus dense dans les coins NE et NW. A l'exception du mont Binintiang Munti, à l'extrême sud, et de quelques rares endroits près de la côte à l'est et à l'ouest, le reste de l'île était nu.

Dans quelques situations protégées, la revégétation consiste dans le bourgeonnement de souches enterrées; mais dans 99 % des cas elle est le résultat d'un ensemencement. L'invasion de la vie végétale a eu lieu d'abord le long de la côte par des plantes qui se disséminent au moyen de l'eau. Bientôt, après, les graines d'herbes ou « cogon », distribuées par le vent, se développèrent en formant des prairies, qui étaient à peine établies quand les oiseaux apportèrent les graines de plantes rampantes, de buissons et de petits arbres, qui envahirent les prairies.

Comme la végétation en arrière des côtes du lac, vers l'ouest et le sud-ouest, avait été dévastée par l'éruption, elle n'a pu fournir de graines pour la dispersion par les vents du SW, tandis que la mousson du NE, soufflant sur une région peu affectée, a fourni les graines au nord-est de l'île; on s'explique ainsi que la revégétation y ait été plus prononcée.

La distribution de la végétation est très simple : elle se compose de 9 associations en 3 séries génétiques. Les eaux des côtes contiennent des plantes aquatiques, les terres basses humides sont couvertes par des plantes de marais, et la côte par des plantes de rivage. Les pentes qui s'élèvent jusqu'au cratère sont généralement couvertes d'abord par des herbes, puis par des buissons et de petits arbres (parang). Aux basses altitudes, au moins, le parang est suivi par des arbres et des herbes arborescentes (bambous).

Les progrès de la revégétation sont maintenant très rapides. Voici le nombre des espèces de plantes supérieures trouvées dans l'île en avril 1914 :

		Familles	Genres	Espèces
Ptéridophytes		3	7	9
Spermatophytes	Monocotylédones	10	25	32
	Dicotylédones	44	111	138
Total		57	143	179

Les mousses, les lichens, les algues et les champignons sont très pauvrement représentés.

A l'inverse du Krakatoa, les fougères ne constituent qu'un élément minime de la nouvelle flore, par suite de leur rareté relative dans la région, de la grande sécheresse de l'île et de la faible altitude du volcan. Au Taal comme au Krakatoa, les espèces disséminées par l'eau et par le vent ont apparu avant celles que disséminent les oiseaux.

§ 5. — Biologie

Les rations de guerre des diverses armées et les modifications proposées dans la fabrication des conserves pour l'armée française. — Nous avons récemment donné ici-même[1] quelques renseignements sur la ration de guerre du soldat français et les modifications qui pourraient lui être apportées. Voici, d'après le *British medical Journal*[2], quelles sont les rations de guerre des soldats des autres armées :

Le soldat d'infanterie allemand, pesant en moyenne 63 à 67 kilogs, reçoit théoriquement : viande, 125 gr.; saucisse, 150 gr.; pain, 350 gr.; jaune d'œuf, 50 gr.; confiture, 50 gr.; beurre, 100 gr.; sucre, 30 gr.; bière, 1793 gr.; eau-de-vie, 20 gr.; moutarde, 1 gr. Ce régime lui fournit 177 gr. de graisses, 100 gr. de protéines 373 gr. d'hydrates de carbone et 77 gr. d'alcool. La valeur calorifique de cette alimentation est de 4117 calories.

La ration de guerre du soldat autrichien contient : 750 gr. de pain (ou l'équivalent en biscuit), 375 gr. de viande fraîche et 60 gr. de graisse (ou l'équivalent en viande sèchée ou de conserve), 250 gr. de pois ou de riz (ou l'équivalent en pommes de terre ou légumes frais), 25 gr. de café rôti, 2 gr. de thé, 25 gr. de sucre et un demi-litre de vin. En cas d'efforts exceptionnels et de conditions climatériques mauvaises, la ration de café ou de thé et de sucre est doublée, ou bien on donne 1 décilitre d'alcool.

La ration de guerre de l'armée britannique pendant la campagne sud-africaine comprenait 138 gr. de protéines, 105 gr. de graisses, 328 gr. d'hydrates de carbone, et possédait une valeur de 3913 calories. Mais des observations faites depuis sur des soldats marchant et bivouaquant en automne comme en temps de guerre ont montré que la ration de guerre était insuffisante pour maintenir le poids et la bonne condition des hommes et satisfaire leur appétit. Aussi a-t-elle été augmentée depuis lors, et elle consiste actuellement en : 565 gr. de viande fraîche ou l'équivalent en viande de conserve, 565 gr. de pain ou l'équivalent en biscuit ou farine, 112 gr. de jambon, 85 gr. de fromage, 225 gr. de légumes frais ou l'équivalent en pois, haricots, etc., 112 gr. de confiture, 85 gr. de sucre, 56 gr. de beurre deux fois par semaine, 18 gr. de thé, du sel, de la moutarde et du poivre. Les hommes placés dans les tranchées ont une soupe aux pois chaude en plus, un supplément de thé et de sucre, et 6 centilitres de rhum à la discrétion du général de brigade ou de division. La valeur de la ration est de 4.700 calories, sans compter les suppléments. Il est certain que l'excellente santé de l'armée anglaise pendant la dure campagne des Flandres cet hiver a été due en grande partie à sa parfaite alimentation.

En ce qui concerne l'alimentation du soldat français, M. Piettre[1] a présenté à la séance du 15 mars de l'Académie des Sciences d'intéressantes observations sur les inconvénients de l'emploi presque exclusif de la viande, fraîche, congelée ou en conserve, tenant à la difficulté pratique de faire cuire les légumes secs prévus dans la ration normale ou de distribuer sur la ligne de feu les légumes cuits à l'arrière. Pour remédier à cet inconvénient, M. Piettre propose la fabrication de conserves de graisses et de légumes, suivant une formule analogue à la suivante : poitrine de porc (contenant 50 % de muscles), 100 gr.; haricots, 90 gr.; carottes, 100 gr.; sel et poivre, le tout stérilisé à 115°-120°. Ces conserves en boîtes, toutes prêtes à être consommées par le soldat, seraient certainement fort appréciées; elles stimuleraient les sécrétions gastriques et intestinales sans amener le sentiment de satiété qui résulte de l'abus de la viande. Elles réduiraient sur le champ de bataille les impedimenta du matériel de cuisine et les incertitudes d'une préparation toujours longue, peu agréable et mal utilisée par le soldat.

A la séance du 22 mars de l'Académie des Sciences, M. J. Basset[2] a également communiqué de judicieuses remarques sur la fabrication actuelle des conserves pour l'armée. Celles-ci se bornent actuellement à trois types : le bœuf assaisonné, le porc rôti, le potage aux haricots. L'alimentation prolongée avec ces conserves finit par provoquer des troubles digestifs et une répugnance invincible (toute physiologique). M. Basset montre qu'on pourrait varier sensiblement le régime du soldat par la fabrication de quatre conserves nouvelles : bœuf haché aux légumes, bœuf en ragoût, rillettes et cassoulet. Cette réforme n'augmenterait pas les dépenses, ne modifierait en rien les services de l'Intendance et permettrait même d'épargner un peu le bétail.

1 *Revue gen. des Sciences* du 28 février 1915, p. 104.
2. *British medical Journ.*, n° 2829, p. 519 (20 mars 1915).

1. *C. R. Acad. Sc.*, t. CLX, p. 355.
2. *Ibid.*, p. 375.

LES MINES SOUS-MARINES FIXES

I

L'emploi des explosifs dans la guerre maritime remonte aussi loin que l'invention du feu grégeois; jadis, les belligérants faisaient usage de brûlots, chargés de poudre, qu'ils poussaient et faisaient exploser contre les défenses ou les navires ennemis; mais ces opérations étaient médiocrement efficaces, l'effet de l'explosion se dissipant dans l'air. La première application des mines sous-marines remonte à la guerre de l'Indépendance des Etats-Unis; elle est due à l'Américain Bushnell, qui la raconte en ces termes : « En 1777, je tentai une attaque, avec une baleinière, contre la frégate anglaise *Cerbera*, à l'ancre entre Connecticut River et New London, en lançant une machine contre elle au moyen d'une ligne; la machine était chargée de poudre et mise à feu par une mèche à friction qu'un dispositif d'arrachement enflammait pendant le lancement le long de la frégate. Le hasard fit tomber cette machine sur un shooner ancré à l'arrière de la frégate et invisible pour moi; elle fut enflammée accidentellement, démolit le shooner, tua trois hommes et projeta en l'air, en le blessant grièvement, le seul être vivant qui fût le long du bord ». Cette tentative encourageante fut suivie d'autres essais, faits à l'aide de barils remplis de poudre, soutenus entre deux eaux par des bouées; les uns étaient munis d'une mèche à canon et d'un percuteur actionné par un ressort déclanché au choc d'un obstacle; d'autres étaient mis à feu par des fusées chimiques; dès ce temps, on avait imaginé de réunir les mines flottantes par paires, à l'aide d'une corde, afin d'accroître leurs chances d'efficacité.

Ces essais furent repris, quelques années plus tard, par l'Américain Robert Fulton, dont le nom est resté attaché à l'invention plus utile de la navigation à vapeur. Fulton vint en France, et présenta ses engins homicides au Gouvernement français; des expériences furent faites, en 1805, dans la rade de Brest; une torpille, chargée de cent kilogs de poudre, fut poussée contre un vieux bâtiment à l'ancre, qui coula deux minutes après l'explosion. Malgré ce résultat, et le succès d'autres expériences tentées sur la Seine, Fulton se heurta à l'esprit chevaleresque des Français, qui n'admettaient pas un mode de combat aussi déloyal; il retourna en Amérique où il essaya, sans plus de succès, de faire adopter un harpon porte-torpille de son invention, qui était lancé contre le navire ennemi à l'aide d'un mousquet.

Toutes ces expériences avaient mis hors de doute l'efficacité des mines sous-marines, et des études furent faites de divers côtés pour donner un caractère pratique à l'invention de Bushnell; toutes les luttes maritimes fournirent dès lors des occasions de mettre à l'épreuve les nouveaux perfectionnements. C'est ainsi que, pendant la guerre de Crimée en 1854-56, les Russes employèrent, pour protéger leurs ports de la mer Noire et de la Baltique, des torpilles inventées par le professeur Jacobi; elles contenaient 25 livres de poudre, et l'explosion était déterminée par la rupture d'un tube de verre plein d'acide sulfurique, qui se brisait au contact du navire ennemi, en laissant tomber son contenu liquide sur du chlorate de potasse; il en résultait un dégagement de chaleur qui enflammait la poudre; ces engins se montrèrent peu efficaces, sans doute en raison de la faible quantité d'explosif employé; l'un d'eux sauta sous la carène du navire anglais *Merlin*, mais ne produisit que des avaries insignifiantes.

La guerre de la Sécession d'Amérique (1860-65) fut l'occasion de progrès bien plus considérables, dus pour la plus grande part à l'ingéniosité et au sens pratique du Commodore Maury, chargé par les Sudistes de la défense sous-marine; les Américains du Nord, après avoir considéré l'emploi de ces mines comme une manœuvre déloyale, finirent eux-mêmes par les adopter. Aussi cette longue lutte vit-elle mettre en essai un grand nombre d'engins appartenant à tous les types imaginables : *mines de fond* ou *torpilles dormantes*, qui reposent sur le sable ou la vase; — *mines vigilantes*, qui flottent entre deux eaux, retenues au fond par un orin et un crapaud d'amarrage; — *mines dérivantes*, soutenues par une bouée, qu'on abandonne au courant d'un fleuve en amont des ouvrages ou des flottes de l'ennemi; — *mines attachées*, fixées à l'extrémité de longs piquets plantés dans une passe ou dans le lit d'un fleuve.

Les Américains essayèrent aussi les divers procédés de mise de feu, qu'on peut classer comme suit : Dans les mines à allumage mécanique, l'explosion est déterminée par la chute d'un poids, qui agit sur un tire-feu. Ainsi, la mine mécanique Singer (fig. 1), employée avec grand succès par les Sudistes, avait la forme d'un tronc de cône dont la partie supérieure, évasée, était vide et formait flotteur, tandis que la charge de poudre était tassée autour d'un tube à friction H; un chapeau de fonte W était placé à la partie

supérieure de la torpille, de telle façon qu'il suffit d'un faible choc pour le faire tomber; sa chute arrachait, par l'intermédiaire d'une chaîne, l'étoupille du tube à friction et provoquait l'explosion; enfin, pour rendre la pose des mines

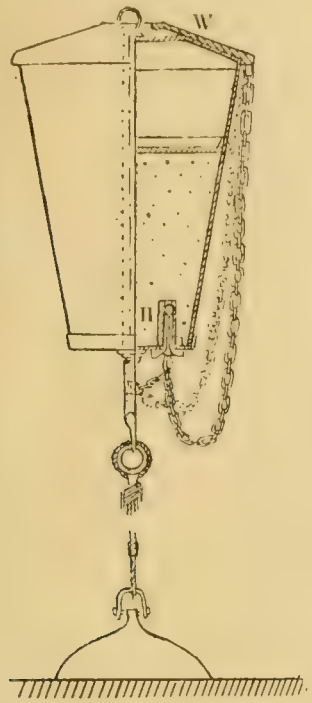


Fig. 1. — *Mine mécanique Singer.*
H, tube à friction; W, chapeau de fonte.

moins dangereuse, un des anneaux de cette chaîne était retenu par une clavette qu'on enlevait après le mouillage; ainsi, lorsque le poids de fonte tombait pendant l'opération, il restait suspendu à la clavette sans agir sur l'étoupille.

Les mines chimiques, qui rappellent le type inventé par Jacobi, apportent une deuxième solution au problème de la mise de feu; elles avaient, dans la guerre de Sécession, la forme représentée par la figure 2 : c'étaient des barils à bière bien goudronnés et terminés à chaque bout par un cône en bois, qui portaient 5 fusées chimiques F, vissées à la partie supérieure; ces fusées, ou antennes, en verre, se brisaient par le choc contre la carène; l'acide sulfurique qu'elles renfermaient se répandait alors sur un mélange de chlorate de potasse et de sucre; la réaction violente de ces éléments produisait l'explosion de la poudre enfermée dans le baril.

Enfin, dans les derniers temps de la guerre de Sécession, l'électricité fut employée pour la mise de feu des mines dormantes ou vigilantes : ces appareils étaient reliés au rivage par des conducteurs et on pouvait y envoyer le courant de 90 éléments Bunsen, arrangés de telle façon qu'ils puissent être commandés de deux points différents, d'après le dispositif qui sera décrit tout à l'heure. Ces engins se montrèrent très efficaces; l'un d'eux, chargé de 1.000 livres de poudre, fit sauter le puissant navire fédéré *Commodore James*, dans la Roanoke River. Durant les cinq derniers mois de la guerre, les torpilles sous-marines de divers modèles coulèrent plus de dix bâtiments de la marine fédérale. Ainsi, l'efficacité de ce mode de défense était définitivement établie, et, en présence de ce résultat, tous les scrupules humanitaires furent mis de côté. En même temps, l'expérience avait permis de faire un choix entre les divers modèles essayés; dorénavant, on ne verra plus figurer dans les actions maritimes que deux types d'engins : la mine de fond ou torpille dormante, qu'on désigne encore sous le nom de mine d'observation, enflammée du rivage, à l'aide d'un courant électrique, et la mine flottante, ou vigilante, dont la dénomination officielle est aujourd'hui « mine automatique de contact », qui détone sous l'action d'un courant électrique établi par le choc de la mine contre un obstacle.

L'invention de la torpille automobile, en 1868, par Whitehead, eut pour effet de faire passer les mines fixes au second plan des préoccupations des stratégistes; il ne fallut rien moins que les sévères leçons de nouvelles guerres navales pour établir que la torpille automobile n'est pas l'engin définitif qui résout tous les problèmes de la lutte navale, et qu'il reste encore une large place pour l'application des mines fixes. Ces leçons se développèrent d'abord pendant la guerre russo-japonaise de 1904-1905, avant de prendre, dans la guerre actuelle, l'ampleur que tout le monde connaît; les mines vigilantes, mouillées tant par les Russes que par les Japonais, au voisinage de Port-Arthur et de Vladivostock, causèrent aux marines adverses des pertes considérables; elles entraînèrent la destruction du

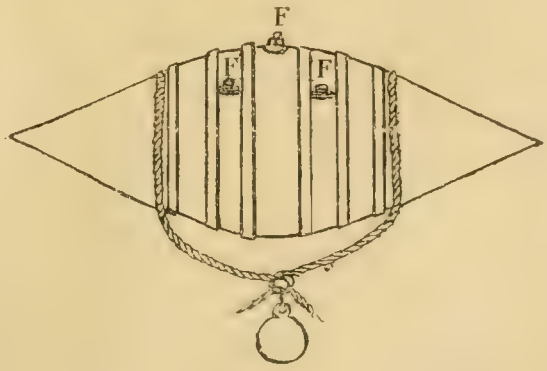


Fig. 2. — *Mine américaine à fusée chimique.*
F, fusée.

vaisseau amiral *Petropavlosk*, coulé avec 700 hommes et le vaillant amiral Makharoff; elles endommagèrent grièvement les cuirassés *Pobieda* et *Sevastopol*; de son côté, la flotte japonaise éprouva deux pertes particulièrement sensibles: le 15 mai 1904, le cuirassé *Hatsuse*, de 15.000 tonnes, heurtait deux mines qui firent sauter une de ses soutes à munitions et le coulèrent en eau profonde, tandis que le cuirassé *Yashima*, de 12.500 tonnes, rencontrait une mine devant Dalny et allait s'échouer sur un haut-fond, après une vaine tentative pour atteindre un port japonais. Nous décrirons tout à l'heure les types de mines qui produisirent ces cruels dégâts; ce sont d'ailleurs les seuls sur lesquels on possède actuellement des renseignements officiels; le secret des engins modernes est gardé jalousement par les diverses marines, chacune d'elles ayant la prétention de posséder des modèles plus perfectionnés que les concurrents.

II

Avant de procéder à cette description, il est nécessaire d'indiquer brièvement ce qui caractérise l'explosion sous-marine. Lorsqu'un explosif entre en décomposition, une quantité formidable d'énergie se trouve libérée dans un temps très bref, de l'ordre du centième ou même du millième de seconde; pour un kilogramme de fulmicoton, cette énergie atteint 430.000 kilogrammètres. Si l'explosion se produit dans l'air, ou dans tout autre milieu peu résistant, la sphère d'action de l'explosif possède un rayon très étendu; il se produit une onde explosive, dont la vitesse de déplacement peut dépasser, surtout à l'origine, la vitesse du son dans le même milieu; c'est sur le pourtour de cette onde que l'énergie se dissipe. Au contraire, si l'explosion se produit en milieu résistant, l'action se localise presque entièrement autour du centre; c'est en raison de cette propriété bien connue que les explosifs employés dans les mines sont soigneusement bourrés; afin de ne laisser autour d'eux que le moins de vide possible; or le bourrage est parfait dans les mines sous-marines, puisque l'eau forme autour de l'explosif un plein continu. Lorsque l'explosion se produit, l'action mécanique est engendrée par les gaz dégagés, portés eux-mêmes instantanément à une température supérieure à 2.000°; dans ces conditions, l'effet produit est triple: Il naît d'abord une onde explosive qui va porter à plusieurs centaines de mètres une part, relativement minime, de l'énergie libérée. Il s'exerce, en outre, un *effet de pression* contre toute paroi placé au contact de l'explosif; cette pression, qui atteint plusieurs milliers de kilogrammes par centimètre carré, est capable de produire sur cette paroi des effets de rupture et de cisaillement; la carène d'un navire peut être brisée sur une large étendue. Mais une nouvelle conséquence de l'explosion, l'*effet de marteau d'eau*, vient bientôt aggraver le dommage: les gaz produits par l'explosion soulèvent l'eau, dont la surface se gonfle, puis ils s'échappent à l'extérieur en projetant une énorme gerbe liquide, qui retombe ensuite lourdement, avec toute l'énergie due à sa masse et à sa vitesse, dans l'espace vide abandonné par le gaz; cette pesante masse fluide vient frapper contre les parois, déjà disloquées, du navire; elle les enfonce et crée dans la coque une déchirure qui peut atteindre vingt à trente mètres carrés; la mer s'engouffre dans cet orifice béant, le navire s'incline et, si les cloisons étanches sont insuffisamment nombreuses ou résistantes, il coule en quelques minutes.

Tous ces effets ne se produisent, bien entendu, que si la mine est immergée à une profondeur suffisante, qu'on peut estimer au minimum à 2 m. 50: cette immersion est d'ailleurs nécessaire pour une autre raison; en effet, le revêtement protecteur des cuirassés descend à deux ou trois mètres au-dessous de la flottaison; comme la torpille ne peut agir efficacement que sur les parties non protégées, on se trouve amené, par ces considérations, à immerger les mines vigilantes à 5 ou 6 mètres au-dessous du niveau moyen de la mer.

Les torpilles de fond n'explosent pas au contact de l'obstacle qu'elles doivent briser; leur action, pour être efficace, exige donc une masse d'explosif plus considérable, et que l'expérience seule permet de déterminer. Si on cherche à produire, en surface, une zone dangereuse ayant le diamètre d'un cuirassé, soit 15 mètres environ, on trouve que la quantité de fulmi-coton nécessaire atteint 250 kilogs à 10 mètres de profondeur, 300 kilogs à 12 mètres, 400 kilogs à 16 mètres, 500 kilogs à 18 mètres et 700 kilogs à 23 mètres; la charge d'explosif s'accroît donc très rapidement avec la profondeur des passes à défendre; d'autre part, plus leur charge est puissante, plus les torpilles doivent être éloignées les unes des autres, sous peine de voir l'explosion volontaire d'une mine, se communiquer par influence aux mines voisines; mais si les torpilles sont trop distantes, elles cessent d'assurer une protection efficace; on comprend donc comment l'emploi des mines de fond se trouve limité à des profondeurs qui ne dépassent pas une trentaine de mètres; elles sont alors immergées, soit en lignes, soit

en quinconces, à une distance de cinquante mètres environ les unes des autres.

Pour résoudre dans sa généralité le problème des mines sous-marines, il convient encore de faire un choix entre les divers explosifs ; ce choix se portera nécessairement sur un explosif brisant, c'est-à-dire sur un de ceux dont la durée de décomposition ne dépasse pas quelques millièmes de seconde ; en effet, l'emploi de poudres lentes, comme la nitrocellulose employée dans les canons, donnerait à l'énergie calorifique libérée le temps de se dissiper dans l'eau sans produire d'effet utile, c'est-à-dire qu'à puissance égale la pression n'atteindrait guère que le quart ou le cinquième de la valeur qu'elle acquiert par une explosion instantanée. Parmi les explosifs brisants, on a donné généralement la préférence au fulmi-coton ; ce produit peut être employé sec ou à l'état humide, c'est-à-dire chargé de 20 à 25 % de son poids d'eau ; sous le premier état, il est d'un maniement délicat, et ne sert qu'à constituer les charges-amorces ; au contraire, le fulmi-coton humide se conserve sans précautions spéciales, et se manipule sans danger, ce qui ne l'empêche pas d'exploser aussi brutalement que le coton-poudre sec, lorsqu'il a reçu une commotion suffisante pour y faire naître l'onde explosive ; c'est donc ce produit qui sera employé de préférence pour charger les mines ; on peut aussi lui substituer la *gélatine explosive*, obtenue en dissolvant 10 % de coton-poudre et 5 % de camphre dans 85 % de nitro-glycérine ; la *poudre shimosa*, employée pour charger les torpilles japonaises, paraît avoir une composition analogue.

Quel que soit l'explosif choisi, c'est toujours à l'électricité qu'est confié, dans les mines modernes, le soin de provoquer la détonation ; le *détonateur*, fixé à l'intérieur de l'explosif, comprend un conducteur électrique destiné à amener le courant dans deux fils de platine très fins (3 à 4 centièmes de millimètre de diamètre), placés en parallèle sur le circuit ; ces fils rougissent, et la chaleur dégagée provoque l'explosion d'une amorce chargée de 1,5 gr. de fulminate de mercure ; cette amorce communique à son tour l'explosion à la charge-amorce, formée de 500 à 1.250 grammes de fulmi-coton sec, enfermé dans une boîte étanche ; c'est par cette série d'intermédiaires que la décomposition se propage jusqu'à la masse principale de fulmi-coton humide, tassée ou disposée en galettes superposées autour du détonateur.

III

Ces considérations générales nous amènent à examiner plus en détail les dispositifs employés pour les divers types de mines. Le secret dont toutes les marines entourent cette question nous interdit de décrire les modèles actuellement en service, mais il nous est loisible de supposer que ces modèles ne diffèrent que par des détails de forme et de mise au point de ceux qui furent en usage au temps de la guerre russo-japonaise.

Vers cette époque, les torpilles dormantes employées par la marine française avaient la forme de cylindres en tôle fermés par des calottes sphériques (fig. 3), et munis de pieds-crampons destinés à les fixer au fond, de façon à empêcher qu'elles ne soient déplacées par les

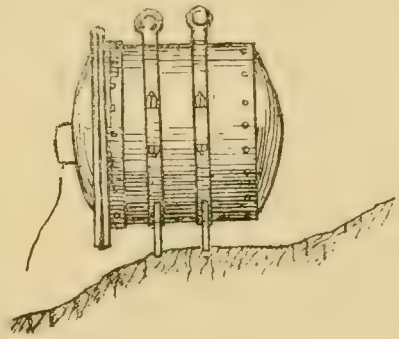


Fig. 3. — *Torpille dormante.*

courants, souvent très forts dans les passes par suite de la marée ; chargées de 400 à 700 kilogs d'explosif, suivant la profondeur d'immersion, ces torpilles sont rangées en ligne ou en quinconces, et le problème important consiste à déterminer, au moment voulu, l'inflammation d'un de ces engins. Le cas le plus important dans la pratique est celui où il s'agit de garder une passe ; les abords sont défendus par des torpilles vigilantes et on n'a confié aux torpilles de fond que la garde du chenal, relativement étroit, où peuvent s'engager les navires ennemis. La surveillance des torpilles 1, 2, 3, 4, 5 (fig. 4) exige alors deux postes, établis à terre, dont l'un E est placé dans le prolongement de la ligne de torpilles, tandis que l'autre, le poste intérieur I, est situé derrière cette ligne, avec vue sur l'entrée de la passe à défendre. Du détonateur de chaque torpille part un fil conducteur, soigneusement isolé, qui aboutit au poste intérieur, et qui peut être réuni en ce point à un conducteur allant au poste extérieur et à la batterie de piles P ; le circuit peut se fermer, grâce à une plaque immergée M, par la mer. Ceci posé, supposons qu'un navire N cherche à forcer la passe : du poste intérieur I, on

suit ses évolutions dans une lunette qui, en tournant sur un cercle horizontal, met automatiquement en circuit la torpille la plus rapprochée de la ligne de visée tirée du point I au navire; mais le circuit reste ouvert en E; il ne ferme qu'au moment où l'observateur du poste extérieur voit le navire passer dans le champ d'une lunette fixe qui vise suivant la ligne de torpilles; il suffit alors d'appuyer sur le bouton d'un interrupteur pour faire passer le courant dans la torpille 4,

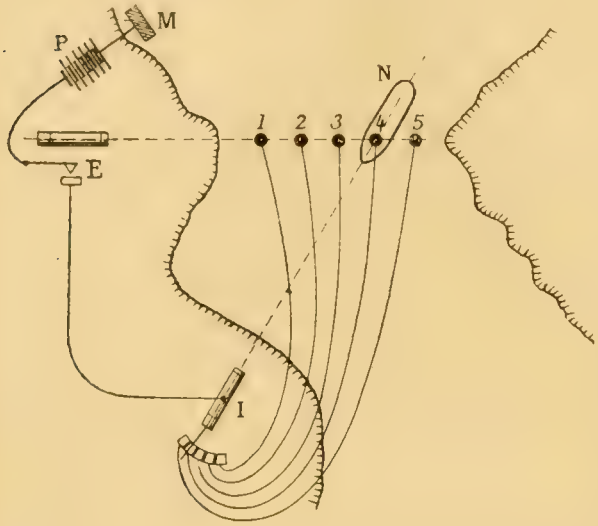


Fig. 4. — *Défense d'une passe par les torpilles dormantes.*
E, I, postes de surveillance; P, piles; M, plaques, N, navire; 1, 2, 3, 4, 5, torpilles.

qui explose aussitôt. Cette méthode serait en défaut dans le cas où plusieurs navires chercheraient simultanément à forcer la passe; une entente est alors nécessaire pour éviter toute fausse manœuvre, mais le cas a été prévu et les deux postes sont reliés téléphoniquement; ils sont en outre munis de projecteurs qui leur permettent d'éclairer la passe pendant la nuit; ils sont de plus défendus par des forts et protégés par des obstacles naturels afin qu'on ne puisse, du large, les mettre hors de service; enfin, ces défenses sont parfois complétées par des tubes lance-torpilles, soigneusement dissimulés, qui permettent de lancer en travers de la passe des torpilles automobiles.

La défense par les mines de fond présente l'avantage d'une grande sécurité; la mesure de la résistance électrique des divers circuits, faite à intervalles réguliers, permet de s'assurer que les appareils sont toujours en bon état; d'autre part, tout risque d'explosion accidentelle est écarté, puisque les piles sont normalement hors circuit; enfin, le dragage de ces mines est presque impossible tant que l'adversaire n'a pas pu se rendre maître des côtes par un débarquement. En revanche, les mines de fond sont inutilisables dans les eaux trop profondes, leur nombre est nécessairement restreint, et enfin elles sont à peu près inefficaces par temps de brouillard; il est vrai que, si la brume paralyse la défense, elle rend l'offensive dangereuse puisque l'assaillant risque de manquer la passe, étroite et contournée, défendue par les mines de fond, et d'aller se briser sur les mines automatiques. Toutes ces considérations aident à comprendre pourquoi les ports de guerre situés au fond de passes allongées sont pratiquement inattaquables du côté de la mer et ne peuvent céder qu'à un débarquement de troupes suffisamment armées pour s'emparer des fortifications qui les défendent; l'exemple récent de la prise de Tsing-Tao par les Japonais est venu apporter une confirmation nouvelle de ce fait, qui constitue un des axiomes de la guerre maritime.

IV

Le forcement d'une passe est une opération exceptionnelle; la défense des côtes contre une agression ou un débarquement présente un intérêt plus général. Les mines automatiques eurent pour premier objectif de pourvoir à cette défense; réservées d'abord aux eaux territoriales qui s'étendent à six milles marins (un peu plus de 11 kilomètres) le long des côtes, ces mines étaient immergées autour des ports, à l'estuaire des fleuves et dans tous les points qui présentent un intérêt stratégique; mais la commodité

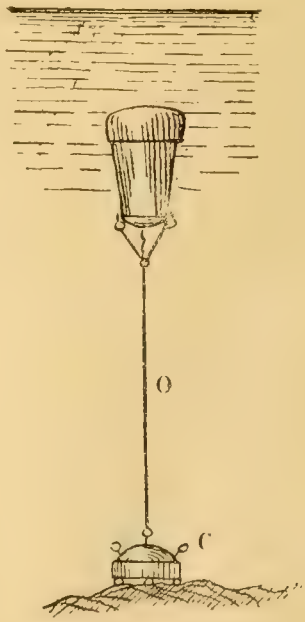


Fig. 5. — *Torpille vigilante.*
O, orin; C, crapaud de fonte.

de leur emploi a singulièrement étendu leur rôle, comme nous le verrons tout à l'heure.

Les torpille vigilantes employées, il y a quelques années, par la marine française, présentaient la forme d'un tronc de cône (fig. 5 et 6)

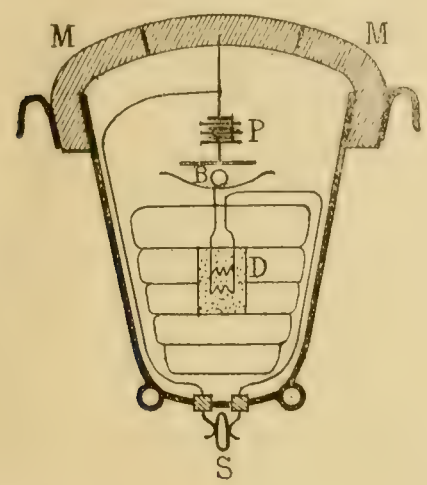


Fig. 6. — *Disposition intérieure des anciennes mines vigilantes.*
M, matelas de bois; P, piles sèches;
B, interrupteur; D, détonateur; S, coupe-circuit soluble.

parfaitement étanche et renfermant, à la partie supérieure, un espace vide qui forme flotteur; si la torpille occupe un volume de 400 litres et pèse 300 kilogs (y compris 70 kilogs d'explosif), sa force ascensionnelle est de 100 kilogs; par suite, elle flotterait à la surface, si elle n'était retenue par un orin O, terminé par un crapaud de fonte C qui pèse environ 150 kilogs. Sa carcasse en tôle est recouverte en dessus par un matelas de bois M, destiné à empêcher qu'elle ne soit crevée et coulée par le choc qui doit en provoquer l'explosion. A l'intérieur, et au-dessous de la chambre à air qui assure la flottaison, se trouvent les piles sèches P qui peuvent être mises en circuit avec le détonateur D quand la torpille s'incline en rencontrant un obstacle; à cet effet, un interrupteur B est constitué par une bille en cuivre nickelé placée entre une cuvette en cuivre, où elle repose, et un plateau également en cuivre; sous l'action du choc, la bille roule dans la cuvette et établit la communication électrique entre la cuvette et le plateau; le courant passe et l'explosion se produit. Mais la pose de ces torpilles serait impraticable si on n'intercalait dans le circuit une autre coupure S, qui se ferme automatiquement après l'immersion : le « coupe-circuit soluble » S est constitué par un ressort, sous lequel est coincée une cale de sucre ou de sel gemme; au bout de vingt à trente minutes, le sel est fondu, le ressort appuie contre un contact métallique et la mine est définitivement armée.

Les mines vigilantes employées par le Japon il y a quelque dix ans ne différaient pas sensiblement du type qui vient d'être décrit; elles avaient la forme de cylindres, de troncs de cône ou de sphères et portaient, en plus du coupe-circuit soluble, une autre coupure de sûreté, constituée par un mécanisme d'horlogerie, mis en action par le mouillage de la mine et qui, au bout d'une demi-heure, établissait le contact entre deux ressorts; le système sensible était constitué par un lourd pendule métallique entouré d'un anneau conducteur; sous l'action d'un choc, le pendule oscillait et, en touchant l'anneau, achevait de fermer le circuit d'explosion.

La mine russe, dont la figure 7 donne un croquis extérieur et une coupe, procédait du type à antennes imaginé jadis par Jacobi; mais la mise de feu est confiée, comme dans tous les engins modernes, à l'électricité. Cinq antennes A, vissées sur la tête de la boîte, contiennent chacune un tube de verre *b* qui renferme un mélange d'acide sulfurique et de bichromate de potasse; par la rupture du tube, ce liquide tombe sur des éléments de pile *p* constitués par 5 lames de zinc alternées avec 5 charbons; la pile est ainsi formée en même temps que le circuit se ferme, et le courant passe dans le détonateur *d* placé au centre de la charge-amorce de coton-poudre sec. Au moment de mouiller des mines, on dévisse les chapeaux de bronze qui protègent les antennes et on enlève une plaque en ébonite, placée en *s*, qui forme coupe-circuit entre un ressort et une plaque métallique.

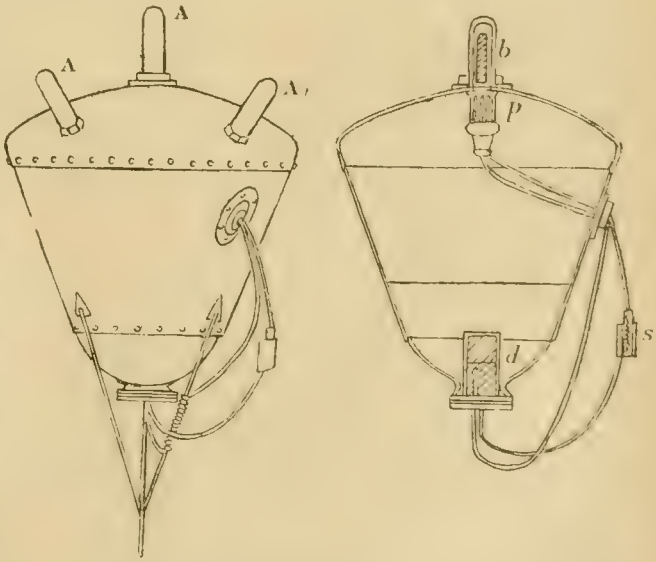


Fig. 7. — *Mine automatique russe.*
A, antennes; *b*, tube de verre renfermant un mélange réagissant; *p*, élément de pile; *d*, détonateur; *s*, coupe-circuit.

Tous ces appareils ont certainement reçu des perfectionnements; la Convention de La Haye, en cherchant à introduire dans la guerre maritime un peu d'humanité et le respect des neutres, a édicté l'obligation de n'employer que des mines se désarmant quand elles ont rompu leur amarrage, et qui deviennent inoffensives au bout d'un temps limité; le premier de ces desiderata peut être réalisé aisément en intercalant sur le circuit électrique une nouvelle coupure à ressort, commandée par le câble d'amarrage, qui reste ouverte lorsque ce câble cesse d'exercer sa traction sur la torpille; il existe également bien des moyens de rendre une mine inoffensive au bout d'un temps déterminé, mais on peut se demander, en présence des catastrophes innombrables causées par les mines allemandes et autrichiennes échouées sur les côtes, si ces sages prescriptions ne sont pas restées lettre morte pour deux nations qui s'embarrassent peu de scrupules humanitaires.

Quel que soit le système adopté pour les mines automatiques de contact, la pose de ces engins est une opération rapide; les diverses marines ont construit des navires à grande vitesse aménagés spécialement à cet effet, mais on peut employer aussi bien des bâtiments quelconques, voire de simples bateaux de pêche; on peut même supposer que les sous-marins allemands ont été munis de tubes qui leur permettent, en plongée, de mettre à la mer les mines automatiques par un procédé analogue à celui qui sert au lançage des torpilles automobiles.

Dans le procédé habituel, les mines sont arrimées dans des soutes, et munies de leur système d'amarrage, constitué par un treuil sur lequel est enroulé un orin de longueur convenable qui se termine par le crapaud de fonte. Sur le pont du navire est établie une voie ferrée qui aboutit à une porte ouverte à l'arrière; les mines, extraites des soutes, sont suspendues à des wagonnets par les oreilles qu'elles portent latéralement, et convoyées jusqu'à l'arrière où le wagonnet bascule et les précipite à la mer; l'orin se déroule sur son treuil, le crapaud s'assoit sur le fond et la mine, d'elle-même, prend sa place entre deux eaux. Ainsi, le navire poseur de mines, profitant de la nuit ou du brouillard, peut égrener son chapelet d'engins meurtriers sur plusieurs kilomètres de longueur, de façon à barrer la route aux navires ennemis; il peut même, pour accroître l'efficacité de ces barrages, relier les torpilles deux par deux; c'est, dit-on, ce stratagème qui causa la perte du *Petropavlosk* : le malheureux cuirassé rencontra dans sa marche le câble d'accouplement de deux mines; celles-ci furent rabattues brutalement contre sa coque et leur explosion fit sauter les soutes à munitions; le navire s'enfonça par l'avant et disparut en moins de deux minutes.

V

Contre ces dangereux engins, il n'est guère de défense; les « filets Bullivant » aux mailles d'acier, suspendus autour des cuirassés, ne peuvent être employés que lorsque ceux-ci sont au repos; la multiplication des cloisons étanches peut localiser les dégâts; les soutes à combustibles peuvent être disposées sur les flancs de façon à protéger les parties vitales du cuirassé : chambre des machines, soutes à munitions; enfin, en cas d'avarie, on peut rétablir l'équilibre du navire blessé en introduisant de l'eau dans les compartiments situés sur le bord opposé à celui qui vient d'être frappé.

Ces palliatifs sont insuffisants; le but de toute flotte est de reconquérir la liberté de ses mouvements en se débarrassant des mines posées furtivement par l'adversaire. On a parfois recommandé, pour cet objet, l'emploi des *contre-mines*, qu'on fait détoner dans le voisinage des torpilles ennemies, dont elles brisent l'enveloppe, détériorent les circuits intérieurs, ou déterminent l'explosion par influence; mais cette méthode paraît plus théorique que pratique, et il semble que le seul procédé efficace consiste à draguer les mines. Pour les mines dormantes, des grappins sont traînés sur le fond; pour la pêche aux mines vigilantes, on emploie deux petits navires, calant 3 ou 4 mètres, de façon à pouvoir passer sans danger sur la zone dangereuse; ces navires s'avancent parallèlement, en se tenant à 200 mètres l'un de l'autre; ils sont reliés par un filin d'acier long de 600 mètres, soutenu par des flotteurs, qui traîne à leur arrière en prenant la forme d'un U; ce filin rencontre les cables d'amarrage des mines, et les coupe, ou remorque les mines vers des fonds moindres; dans un cas comme dans l'autre, la torpille remonte à la surface où on la coule à coups de canon-revolver.

Toutes ces opérations sont dangereuses et longues, tandis que la pose des mines est rapide et presque sans danger; ceci explique pourquoi ces engins, réduits jadis à un rôle subalterne et purement défensif, tiennent une place de plus en plus importante dans les guerres modernes. Elles peuvent être mouillées partout où la profondeur est inférieure à 100 mètres, et il suffit de jeter les yeux sur la carte de la figure 8 pour se rendre compte que la surface susceptible d'être minée couvre toute la Manche, la presque

totalité de la mer d'Irlande, de la mer du Nord et de la Baltique, et de larges étendues à l'ouest des côtes britanniques. Dans cette zone, le caractère de la guerre navale est profondément modifié; les escadres ne peuvent plus s'y mouvoir sans exercer une surveillance incessante qui ralentit leurs mouvements, qui fatigue les équipages et qui risque d'énerver le commandement; la crainte des mines empêche parfois une escadre victorieuse de recueillir tous les fruits de la victoire; c'est ainsi que, le 24 janvier dernier, au cours de la lutte qui, dans la mer du Nord, coûta la vie au *Blücher* et causa des avaries très graves au *Derflinger* et au *Seydlitz*, ces deux derniers croiseurs cuirassés purent cependant s'enfuir vers un champ de mines, soigneusement établi par les Allemands autour d'Héligoland, où les navires anglais ne pouvaient les suivre sans imprudence. D'ailleurs, c'est une tactique navale bien connue que celle qui consiste à attirer l'ennemi, par une retraite simulée, sur un champ de mines préparé à l'avance: dans la nuit du 12 au 13 avril 1904, les Japonais mouillèrent des mines devant Port-Arthur, dans le chenal habituellement suivi par les navires russes; le jour suivant, une escadre japonaise insidieusement faible fut envoyée par l'amiral Togo pour donner à l'escadre russe l'espoir d'un succès facile; en effet, l'amiral Makharoff sortit avec son escadre composée de trois cuirassés et de quatre croiseurs; c'est lors de cette opération malheureuse que le cuirassé amiral *Petropavlosk* heurta deux mines jumelées et coula, tandis qu'un autre cuirassé russe, le *Pobieda*, était gravement endommagé par la rencontre d'une autre mine vigilante.

Fig. 8. — *Carte des fonds des mers du nord de l'Europe.*

On sait enfin, par les cruelles leçons de la guerre actuelle, que les mines automatiques de contact ont encore donné à la lutte navale un nouveau caractère; posées à dessein sur les routes de la navigation commerciale, elles ont la prétention d'affamer l'ennemi et de supprimer son trafic maritime; en même temps, elles affectent profondément les opérations légitimes des neutres. Elles ont ainsi posé brutalement des problèmes redoutables et imprimé à la guerre moderne un caractère de sauvagerie révoltante. Espérons que la dure expérience d'aujourd'hui ne sera pas perdue pour l'avenir et que des conventions, plus précises et mieux respectées que celles de La Haye, interdiront à tout jamais des pratiques qui ont transformé les luttes loyales d'autrefois en une série de brigandages et de guets-apens.

L. Houllevigue,
Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

L'ÉTAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE DES IMPRESSIONS PHOTOMÉCANIQUES

Les graveurs d'autrefois travaillaient des mois entiers, parfois des années, sur la même planche de cuivre ou d'acier, et César Cantu assure que Calamatta mit vingt ans à reproduire par le burin la *Joconde* de Léonard de Vinci[1]. Aujourd'hui quelques heures suffisent aux procédés photomécaniques pour donner par milliers, par centaines de mille, des reproductions d'une fidélité sans égale. Il y a encore, il y aura toujours des graveurs de talent; mais il semble que leur art doive désormais s'exercer à créer des œuvres originales, au lieu de s'épuiser vainement dans un labeur de copiste. La gravure photographique a conquis en quelques années la première place,

1. *Histoire des Italiens*, t. XII, p. 57.

presque la place unique, parmi les arts de reproduction, et bien rares sont maintenant les images où nous ne retrouvons pas l'œuvre de la lumière.

L'illustration photographique n'est d'ailleurs pas restée limitée à un mode unique d'exécution, d'où aurait pu résulter quelque monotonie. Les divers genres de gravure autrefois en usage, lithographie, eau-forte, aquatinte, bois en fac-simile ou bois en teinte, ont leurs équivalents dans les procédés photomécaniques que nous allons rencontrer : *photolithographie*, à laquelle se rattache la *photocollographie* ou *phototypie*; *héliogravure* en creux, ou gravure en taille-douce; et *phototypogravure*, ou gravure en relief, que l'on désigne habituellement sous le nom de *photogravure*, pour les reproductions de dessins au trait, et sous celui de *similigravure*, pour les images à modelés continus.

I. — Photolithographie

Les premières recherches de Niepce sur la photo-chimie avaient pour objet de remplacer économiquement le travail du dessinateur-lithographe par l'action de la lumière. En 1812, il avait déjà remarqué que le bitume de Judée devient insoluble, après insolation, dans l'huile de naphte et l'essence de lavande. Il essaya d'étendre cette substance sensible, d'abord sur des pierres lithographiques, puis sur des planches de métal. La surface ainsi préparée était exposée à la lumière, sous le dessin à copier, et le bitume préservé par les traits opaques du modèle demeurait seul soluble dans les essences. Ce procédé fut repris, en 1852, par Bareswil, Lemercier, Lerebours et Davanne. Une solution de bitume dans l'éther était étendue sur une pierre lithographique. Après dessiccation, cette couche était impressionnée sous un négatif, puis lavée à l'éther. Le bitume insolubilisé par la lumière formait réserve; la pierre était alors acidulée, gommée et encrée, puis le tirage s'effectuait suivant les méthodes lithographiques ordinaires.

Le 27 août 1855, Poitevin prenait un brevet pour l'application à la photolithographie des mucilages ou colloïdes bichromatés. Il avait constaté qu'un mélange de gélatine et de bichromate de potasse soumis à l'influence de la lumière sous un négatif, puis mouillé et recouvert d'encre grasse, acquiert des propriétés semblables à celles d'une pierre lithographique préparée : l'encre n'adhère qu'aux parties impressionnées par la lumière. Le même phénomène se reproduit encore, si l'on remplace la gélatine par l'albumine, la gomme ou toute autre substance mucilagineuse mêlée à un bichromate alcalin.

Actuellement, les pierres lithographiques sont presque toujours remplacées par des feuilles de zinc ou d'aluminium, plus légères, moins encombrantes, meilleur marché et susceptibles d'être utilisées sur machines rotatives. Le métal, bien décapé et finement dépoli, est recouvert d'albumine bichromatée. Après dessiccation dans l'obscurité, on expose à la lumière, sous le cliché négatif, puis on recouvre d'encre grasse la surface impressionnée. On plonge alors la plaque dans l'eau, qui dissout l'albumine préservée de l'action lumineuse sous les opacités du phototype. L'albumine, en se dissolvant, entraîne l'encre grasse qui la recouvrait. Une solution de gomme acidulée, versée sur la planche, mouille le métal mis à nu. Si l'on passe ensuite un rouleau chargé d'encre lithographique, celle-ci n'adhère qu'aux parties qui ne sont pas mouillées.

Les feuilles métalliques sont plus aisément maniables que les pierres, mais ne sont pas moins opaques, de sorte que l'insolation doit être contrôlée au photomètre. De plus, la sensibilisation directe de la planche nécessite l'emploi d'un négatif retourné. En effet, si la planche qui va servir au tirage était impressionnée sous un phototype ordinaire, l'image ainsi produite serait vue dans son vrai sens sur la couche sensible de la planche, comme une épreuve ordinaire. Par conséquent, l'image imprimée sur le papier à l'aide de cette planche serait inversée, comme si le sujet était vu dans un miroir.

Il était donc naturel d'appliquer à la photolithographie les procédés de report usités déjà en lithographie. Placet, Asser, Osborne et James passent généralement pour en être les auteurs; mais, en réalité, Poitevin les avait mis en pratique bien avant eux : « J'eus également l'idée, écrit-il[1], de fixer les encres grasses sur le papier enduit d'albumine bichromatée; l'albumine insolubilisée retenant l'encre, tandis que celle restée soluble empêchait l'adhérence des corps gras; ce qui me conduisit d'abord au tirage à l'encre grasse sur papier pour être transporté sur pierre lithographique ». Le procédé par report est d'une exécution plus commode, puisqu'on n'a à sensibiliser et à impressionner qu'une feuille de papier. Le cliché ne doit pas être retourné, puisque le report donnera une image symétrique de celle qui est imprimée sur le papier. Enfin, il est facile de surveiller l'insolation, en l'effectuant dans un châssis-presse à brisures. Par contre, si soigneusement qu'ait été pratiqué le report, la pression étale toujours plus ou moins l'encre ; elle donne,

1. A. Poitevin : *Traité des impressions photographiques*, p. 74.

par suite, quelque lourdeur au trait et risque de boucher les hachures les plus serrées. En outre, le papier étant impressionné sec et reporté à l'état humide n'a pas dans les deux cas les mêmes dimensions : il s'allonge, une fois mouillé, et la pression nécessaire au décalque le déforme encore davantage. L'insolation directe de la planche convient donc mieux aux travaux délicats, car elle conserve seule toute la précision et toute la finesse du dessin original.

Pour les tirages rapides, au jour ou à la lumière artificielle, et notamment lorsqu'il s'agit d'agrandir un dessin, le papier de report à l'albumine bichromatée est remplacé par un papier au gélatinobromure d'argent. Après développement, fixage et lavage, l'épreuve est passée dans le bain au bichromate et au bromure de potassium dont on se sert en *ozobromie*[1]. Les noirs pâlissent et sont, en même temps, rendus imperméables à l'eau, donc susceptibles de retenir l'encre grasse.

La photolithographie est limitée, en principe, à la reproduction des dessins au trait, car elle ne donne que deux tons : la couleur de l'encre et le blanc du papier. Cependant, elle devient susceptible de traduire les sujets à modelés continus, à l'aide de certains artifices qui produisent l'illusion des demi-teintes par le rapprochement de lignes ou de points entièrement noirs. On peut, notamment, exécuter le tirage sur pierre ou sur métal d'après un négatif tramé, préparé suivant les procédés de la similigravure, que nous décrivons plus loin. Dans certains ateliers, on arrive à un résultat analogue avec des clichés ordinaires, en se servant de planches grainées recouvertes de bitume que la lumière insolubilise plus ou moins profondément. Il résulte de la forme ondulée de la planche que la largeur des points mis à découvert par le dépouillement varie suivant les gradations du modelé. On mouille à l'eau gommée ces points de la surface métallique, on enlève le bitume et l'on passe l'encre lithographique, qui est repoussée par les points humectés.

On a essayé de reporter une épreuve tirée en photocollographie; mais la finesse du grain de l'image rend cette méthode très délicate. M. C. de Santeul a proposé de reporter sur pierre grainée une épreuve encrée au pochoir, suivant le procédé Rawlins, plus connu des photographes sous le nom de *procédé à l'huile*. Un papier gélatiné, sensibilisé au bichromate de potasse, est exposé sous un négatif à teintes continues, jusqu'à ce que tous les détails aient paru. On lave, jusqu'à décoloration de la feuille, on éponge et l'on procède à l'encrage, non plus à l'aide de rouleaux, mais avec des pinceaux de formes et de grosseurs différentes, suivant les exigences du travail. L'intervention personnelle de l'opérateur joue un rôle prépondérant dans l'obtention correcte des modelés. Dans l'application de cette méthode à la lithographie, on se sert naturellement d'encre à report. Afin d'éviter que le mouillage du papier accuse en creux les noirs de l'épreuve, ce qui nuirait au décalque, M. de Santeul sensibilise de nouveau au bichromate le papier encré et l'expose directement à la lumière pendant quelques minutes, de façon à rendre les blancs imperméables et à éviter leur gonflement[1]. L'épreuve est ensuite reportée sur pierre ou sur métal, suivant la technique habituelle.

1. V. la *Revue générale des Sciences* du 15 avril 1914.

II. — Photocollographie

Ce procédé est fondé, comme le précédent, sur les modifications que la lumière fait subir à un colloïde bichromaté. Il s'en distingue en ceci, que l'encre du tirage est déposée, non plus à la surface d'une pierre ou d'une plaque métallique, mais bien sur une couche de gélatine rendue plus ou moins imperméable par l'action photo-chimique. Cette couche, maintenue humide pendant le tirage, est évidemment moins résistante que les planches lithographiques; aussi la photocollographie ne se prête-t-elle pas à de très gros tirages. En revanche, elle offre le précieux avantage de reproduire les sujets à modelés continus, notamment les épreuves photographiques, jusqu'à leurs moindres demi-teintes. Il s'ensuit que, malgré la perfection qu'ont atteinte les procédés de gravure qui seront décrits dans les paragraphes suivants, la photocollographie, très répandue jadis, n'est pas encore abandonnée; elle a même dû, ces dernières années, un regain de faveur à la vogue persistante des cartes postales illustrées. C'est, du reste, un procédé simple, qui n'exige pas une installation bien compliquée et qui est même à la portée des amateurs.

Poitevin avait remarqué que la gélatine bichromatée impressionnée sous un négatif est rendue imperméable proportionnellement à l'intensité des ombres du modèle ; de telle sorte que, si l'on passe sur cette couche préalablement mouillée un rouleau garni d'encre grasse, celle-ci n'adhère à la gélatine qu'en proportion de l'impression lumineuse. Ce procédé est déjà indiqué par Poitevin dans son brevet de 1855 ; mais c'est en 1862 qu'il

1. *Bulletin de la Société française de Photographie*, décembre 1913, p. 364.

insista sur ses avantages et l'étudia au point de vue pratique.

Ses premières planches étaient constituées par des pierres lithographiques recouvertes de gélatine. Elles ne fournissaient que de médiocres résultats. Il avait d'abord fallu tâtonner, pour trouver le meilleur degré de consistance de l'encre, condition essentielle pour la reproduction fidèle des demi-teintes. En outre, la couche gélatineuse adhérait mal à son support, d'ailleurs trop lourd et trop encombrant. Le tirage était ordinairement limité à une centaine d'épreuves, après quoi la pellicule, gonflée par l'eau, était presque toujours à ce point endommagée par la pression qu'elle ne pouvait plus servir.

En 1867, Tessié du Motay et Maréchal substituèrent aux pierres lithographiques des plaques de cuivre plané et poli, et surent acquérir une grande habileté dans la pratique de ce procédé, auquel ils avaient donné le nom de *phototypie*, nom qui est encore donné par beaucoup d'imprimeurs à la photocollographie, bien que le relief n'entre pour rien dans ce mode d'impression. La couche de gélatine adhérait assez bien au métal, mais elle était encore trop fragile, parce que l'action photo-chimique, limitée à la surface, laissait toute sa perméabilité à la couche en contact avec le cuivre.

Albert imagina, en 1868, le perfectionnement décisif qui devait rendre viable cette méthode de tirage photomécanique : il coulait la gélatine bichromatée sur une dalle de verre ; après dessiccation dans l'obscurité, il l'exposait pendant quelques instants à la lumière, le côté verre en avant, de manière à rendre imperméable la couche en contact avec le support. La face extérieure de la couche sensible était ensuite exposée sous le cliché négatif. La transparence du verre permettait de surveiller la venue de l'image qui se dessinait peu à peu, en brun sur fond jaune, et d'arrêter l'insolation juste au point voulu. Il suffisait ensuite d'éliminer le bichromate par des lavages à l'eau froide, pour que la planche fût prête à de nombreux tirages.

Obernetter indiqua, en 1870, l'emploi du silicate de soude, pour donner plus de solidité à la couche de gélatine. Depuis cette époque, la photocollographie n'a reçu que quelques perfectionnements de détails.

On se sert de glaces à surfaces planes et de 6 à 20 millimètres d'épaisseur, selon le format. L'une des surfaces est doucie, les bords sont rodés à la meule et les chanfreins biseautés, ou mieux arrondis, afin de faciliter l'entrée en prise des rouleaux. Le côté douci est d'abord recouvert d'un mélange de bière légère et d'une solution de silicate de soude. En séchant, cet enduit subit une sorte de granulation qui, s'ajoutant aux propriétés adhésives du silicate, assurera une adhérence parfaite à la couche sensible.

La mixtion sensibilisatrice est constituée par une solution de gélatine, de bichromate de potasse et d'ammoniaque. L'industrie fournit pour la photocollographie des gélatines spéciales, d'excellente qualité, les unes dures, les autres tendres. Il est nécessaire de mélanger deux ou trois espèces de gélatines de dureté différente ; il est même utile d'en modifier les proportions, suivant la température : pendant l'été, on augmentera la quantité de gélatine dure, moins soluble, tandis qu'en hiver on fera plutôt prédominer la gélatine tendre.

La dalle recouverte de gélatine bichromatée est immédiatement enfermée dans une étuve dont on a soin de maintenir la température constante : à 45°, la dessiccation s'achève en 2 ou 3 heures. Si elle était notablement plus lente, le bichromate cristalliserait, et chaque cristal produirait une tache.

La couche sensible une fois sèche est mise en contact avec le phototype, dans un châssis-presse, et exposée à la lumière. Quand l'image est visible dans tous ses détails, on sépare la dalle du négatif, et l'on procède à une seconde exposition à travers l'épaisseur du verre, posé sur un drap noir, la couche sensible en dessous : la couleur brune que prend le bichromate indique le moment où il faut s'arrêter.

La dalle est alors lavée dans l'eau jusqu'à complète élimination du bichromate, ce qui exige environ 4 heures, puis on durcit la gélatine dans une solution d'alun. Après un dernier lavage, on peut laisser sécher ou passer directement au bain de mouillage qui doit précéder l'encrage.

Si l'on passait un rouleau garni d'encre grasse sur la couche gélatineuse sèche, elle serait entièrement noircie. C'est l'imbibition de la gélatine qui lui permet de repousser complètement l'encre sur les points correspondant aux blancs de l'image et de la retenir plus ou moins sur les noirs et sur les demi-teintes, proportionnellement à son imperméabilisation. Il ne suffit pas d'humecter la surface de la gélatine ; un mouillage superficiel aurait le double inconvénient de sécher trop vite et de rendre l'encrage très difficile, sinon impossible. En effet, il faut remarquer que ce sont les points correspondant aux blancs qui absorbent le plus d'eau : ils se gonflent, tandis que les noirs forment des cavités au fond desquelles le rouleau encreur ne peut plus pénétrer. On atténue ces différences d'épaisseur en prolongeant suffisamment le mouillage pour que

la couche tout entière soit imprégnée, ce qui exige généralement plusieurs heures. Et, pour que la couche ne sèche pas pendant le tirage, pour que son degré d'humidité reste à peu près constant, on ajoute à l'eau des substances susceptibles d'en ralentir l'évaporation. Dans la plupart des ateliers, on se sert à cet effet d'un mélange d'eau et de glycérine.

Quand les reliefs qui se sont d'abord produits tendent à disparître, on éponge légèrement la surface avec un tampon de linge fin, et on cale la dalle sur la presse. Dans les procédés d'amateurs, on se contente de presses extrêmement simples; on utilise même des presses à copier les lettres, et l'encrage s'exécute au moyen d'un rouleau à main. Dans l'industrie, le tirage s'effectue sur des presses très perfectionnées. Le papier, saisi par des pinces, est appliqué contre un cylindre sous lequel passe la dalle automatiquement encrée par des rouleaux en cuir ou en gélatine. Les rouleaux encreurs sont parallèles à l'axe du cylindre; d'autres rouleaux, dits *distributeurs*, sont disposés obliquement, formant un angle de 20 à 30° avec la direction de l'axe du cylindre. Si la presse est à *touche multiple*, les rouleaux encreurs passent plusieurs fois sur la planche pour une seule révolution du cylindre. En déplaçant un levier, on la fait fonctionner en simple touche, c'est-à-dire avec un seul encrage pour une révolution du cylindre. Certaines presses fonctionnent aussi en *double pression*, c'est-à-dire que la pince qui maintient le papier sur le cylindre ne s'ouvre qu'une fois pour deux révolutions de ce dernier, ce qui permet d'obtenir des images très vigoureuses.

Quand l'encrage est bien réglé, on peut tirer plus de 30 épreuves sans mouiller de nouveau. Dès que les images commencent à devenir un peu grises, on nettoie la planche, en pressant une ou deux feuilles sans encrer, puis on y verse du mouillage à la glycérine, après quoi on éponge et on recommence l'encrage. Une machine bien conduite permet de tirer sur chaque dalle plus de 1.500 épreuves par jour. Pour réaliser une production économique, on groupe généralement plusieurs clichés sur une grande planche. Supposons, par exemple, qu'il s'agisse de tirer des cartes postales. Il ne serait pas pratique de mettre en mouvement uue grande machine pour tirer ces épreuves une à une. On en réunira donc un certain nombre, soit 20 sur une planche 50 × 60, et les 1.500 coups de presse que la machine est susceptible de donner en une journée produiront en réalité 30.000 épreuves, tirées sur de grandes feuilles qu'on n'aura plus qu'à découper.

III. — Photogravure

Les procédés précédents ne s'appliquent qu'aux tirages hors texte. Pour tirer une gravure en même temps que le texte, il faut des clichés formés de lignes ou de points en relief et creusés assez profondément pour que l'encrage s'effectue de la même manière que sur les caractères typographiques. La gravure en relief, ou en *taille d'épargne*, est la plus ancienne manière de graver, parce que l'encrage et l'impression en sont très faciles; mais elle exige des creux assez profonds, et il est pénible d'exécuter les tailles à la main dans l'épaisseur d'un métal; c'est pourquoi ce mode de gravure ne fut pendant longtemps pratiqué que sur le bois. Pour graver le métal, il est plus commode de le ronger par des acides ou des oxydants, après avoir protégé par un vernis les parties qui doivent rester en relief. La difficulté de la gravure chimique, c'est que le mordant tend à agir dans tous les sens et à ronger les parois qui supportent les reliefs. Cet inconvénient est négligeable dans la gravure en taille-douce, où de faibles creux suffisent, et c'est pourquoi le procédé à l'eau-forte y a été de bonne heure appliqué; mais, pour la gravure en relief, il fallait créer des méthodes spéciales, et le problème ne fut entièrement résolu qu'en 1850. A cette époque, Firmin Gillot exécutait des clichés sur zinc analogues à ceux de la gravure sur bois et reproduisait typographiquement des dessins sans l'intervention du graveur. Son procédé, d'abord désigné sous le nom de *paniconographie*, mais plus généralement connu sous celui de *gillotage*, consiste à fractionner la morsure, en protégeant par des réserves à l'encre grasse les parois des reliefs, à mesure que le mordant creuse les cavités. La paniconographie demeurait limitée aux reproductions à taille égale. Pour reproduire un dessin à une échelle déterminée, plus grand ou plus petit, il fallait exécuter d'abord un nouveau dessin, opération parfois très longue, délicate, exigeant des artistes habiles et par conséquent coûteuse, quoique ne donnant pas toute garantie de parfaite exactitude. Seule, la photographie pouvait pleinement satisfaire aux conditions voulues de fidélité, d'économie et de rapidité.

En exposant sous un négatif une planche d'acier recouverte de bitume, Niepce de Saint-Victor et Lemaître obtenaient, en 1853, des images en relief. Le bitume étant insolubilisé sous les transparences du négatif, le lavage de la plaque dans l'essence de térébenthine ne mettait le métal à nu que sur les points correspondant aux blancs du sujet. La plaque étant alors plongée dans un

acide, le métal était creusé, excepté sur les points protégés par le bitume devenu insoluble. Cependant, les reliefs ainsi obtenus étaient insuffisants pour de bons tirages sur presse typographique : si l'on essayait de creuser le métal aussi profondément qu'il l'eût fallu, les tailles manquaient de solidité et s'écrasaient. C'est en combinant la paniconographie avec l'invention de Niepce que Charles Gillot, fils de Firmin Gillot, réalisa, en 1872, la photogravure au trait, telle, à peu près, qu'on la pratique encore actuellement.

Les clichés de trait sont exécutés le plus souvent sur zinc, d'où le nom de *zincogravure* que l'on donne parfois à ce procédé. On se sert de plaques d'environ 2 millimètres d'épaisseur, polies et dégraissées. La couche sensible, primitivement constituée par du bitume de Judée, est maintenant presque toujours composée d'albumine bichromatée, qui permet d'obtenir les mêmes résultats beaucoup plus rapidement.

La solution, préalablement filtrée, est étendue sur la plaque en couche mince, égalisée à la tournette et séchée dans l'obscurité. La durée de l'exposition à la lumière, sous le négatif, est déterminée à l'aide d'un photomètre. Elle est généralement courte, le cliché ne présentant point de demi-teintes, mais seulement des noirs opaques et des blancs entièrement transparents : au soleil, la pose ne dépasse guère 1 minute; à la lumière diffuse, elle atteint rarement 1 heure; à 30 centimètres d'une lampe à arc de 20 ampères, 5 à 10 minutes suffisent.

La couche impressionnée est recouverte d'une encre grasse spéciale, dite *de départ*, composée de noir typographique, de cire jaune et de colophane. La plaque ainsi noircie est plongée dans l'eau. Après 1 ou 2 minutes, on passe légèrement sur la surface encrée un tampon d'ouate imbibé d'eau légèrement gommée. L'albumine non impressionnée se dissout, entraînant l'encre qui la recouvrait, et l'image apparaît, en traits noirs, sur le fond métallique. Quand tous les blancs sont bien dégagés, on rince à grande eau, et l'on fait rapidement sécher, à une chaleur modérée. L'encre restée sur les lignes insolubilisées ne résistant pas suffisamment à l'acide qui va creuser le métal, il faut la renforcer par addition de substances résineuses. On prépare dans ce but un mélange de résine et de cire que l'on réduit en poudre très fine. Cette poudre est appliquée sur la planche à l'aide d'un tampon de coton; elle adhère à l'encre grasse, mais non au métal mis à nu. On époussette au blaireau, et l'on fait chauffer jusqu'à ce que l'image, qui était devenue mate par le dépôt de poudre, redevienne brillante. La cire et la résine se trouvent alors fondues et forment sur les traits de l'image une couche compacte qui résistera parfaitement au mordant. Le dos de la plaque est recouvert d'un vernis à la gomme laque. On protège également par cet enduit les grands espaces blancs, jusqu'à environ un demi-centimètre des traits du dessin.

La morsure du zinc s'effectue dans une solution étendue d'acide nitrique. Une solution trop concentrée déterminerait un échauffement capable de ramollir les substances qui constituent les réserves. En employant une solution à 5 °/₀ d'acide du commerce (à 36° Baumé), la profondeur des creux déterminés par la morsure n'est que de 1/3 de millimètre par heure. On commence même généralement par des solutions encore plus diluées. L'acide est mis dans des cuvettes auxquelles un mécanisme communique un mouvement continuel de bascule, de manière à régulariser la morsure. Dans certains ateliers, l'acide est projeté sur la plaque par une sorte de pulvérisateur.

L'acide ronge le zinc, le creuse partout où sa surface n'est pas protégée par les réserves. Quand il en a enlevé une certaine épaisseur, il commence à attaquer les talus sur lesquels reposent les réserves : la surface protégée par les substances grasses reste bien inattaquée, mais il n'en est pas de même des parois verticales qui sont mises à découvert par les progrès de la morsure. Les traits de la gravure seraient donc minés par-dessous et même parfois entièrement sapés, si l'on ne prenait pas des précautions toutes particulières. C'est à Firmin Gillot qu'est dû le tour de main grâce auquel les talus des tailles sont protégés contre le mordant : de là le nom de *gillotage* donné aux opérations suivantes.

La première morsure, effectuée dans une solution d'acide nitrique à 1 °/₀, est arrêtée au bout de 5 minutes environ : les cavités, dans les grands blancs, n'ont alors qu'une profondeur de 0 mm, 005. On passe sur la planche une éponge douce imbibée d'une solution de gomme arabique et d'acide gallique, qui adhère au métal à nu, mais non aux réserves grasses. On lave ensuite sommairement, de manière à n'éliminer que l'excès de gomme. Un rouleau garni d'encre lithographique est passé sur la planche : le corps gras adhère aux lignes formant réserve, mais il est repoussé par la gomme dont il subsiste encore des traces sur le métal. On fait sécher, on saupoudre de colophane qui ne s'attache qu'à l'encre, et l'on chauffe modérément : l'encre et la résine se fluidifient, débordent légèrement et coulent sur les talus des reliefs, qui se trouvent ainsi protégés contre l'acide.

On procède alors à une deuxième morsure, dans un bain dilué comme le premier, mais dont on prolonge l'action un peu plus longtemps, environ 8 minutes. Cette nouvelle morsure creuse le zinc d'environ 0 mm, 008. On passe une nouvelle couche d'encre, on la saupoudre de résine, on fait chauffer, de manière à protéger les nouveaux talus découverts par l'acide, et l'on reprend la morsure.

Ces opérations sont recommencées sept ou huit fois, et même davantage, jusqu'à ce que la profondeur des creux atteigne presque 1 millimètre. Les morsures ainsi fractionnées ont des durées croissantes, de 15 à 30 minutes, et s'effectuent dans des bains de plus en plus concentrés, de 2 à 20 °/₀. Les tailles ainsi obtenues sont suffisantes partout où les intervalles entre les traits ne dépassent pas 2 ou 3 millimètres; mais, dans les espaces plus larges, il est nécessaire de creuser plus profondément, jusqu'à 2 millimètres, suivant l'étendue des blancs. Il faut alors, ou découper ces espaces à la scie, ou les creuser mécaniquement à l'aide d'outils appropriés, ou procéder à une nouvelle morsure, dite de *grand-creux*. Cette morsure s'effectue dans une solution d'acide à 25 °/₀; elle est prolongée pendant une demi-heure et produit des creux de 0 mm, 750.

A chaque nouvelle morsure, les réserves se sont étalées, élargies de plus en plus, et les reliefs sont supportés par des talus obliques. Cette forme est favorable à la solidité des reliefs et leur permet de résister sans s'écraser aux pressions qu'ils auront à subir au tirage. Cependant, le profil des talus n'est pas uni : par suite du fractionnement des morsures, il présente une série de gradins, correspondant chacun à l'une des coulées d'encre et de résine. Pour supprimer ces aspérités, qui retiendraient de l'encre et occasionneraient des taches, on recouvre toute la planche d'une encre spéciale, dénommée *noir dur* ou *encre à finir*. On saupoudre de résine, et l'on chauffe : le mélange fond et coule dans les tailles, les saillies des gradins restent seules à découvert, et on les ronge à l'acide nitrique. Cette morsure, dite de *finissage*, est elle-même fractionnée, généralement en trois phases.

Toutes ces opérations, encrages, poudrages, morsures, lavages, prennent à peu près 4 heures. Un ouvrier habile réussit bien à supprimer deux ou trois morsures; mais, par contre, les débutants sont obligés de fractionner davantage, et le seul moyen d'abréger le travail est de grouper plusieurs sujets sur la même planche.

Le procédé est rendu moins compliqué et moins long par les machines à mordre, dans lesquelles l'acide est projeté contre la plaque. Sous l'effet du choc des gouttelettes, la morsure en profondeur est beaucoup plus rapide que la corrosion latérale. Avec une solution acide à 15 °/₀, il suffit de trois morsures durant respectivement 1, 5 et 10 minutes, séparées, comme toujours, par un encrage et une coulée de l'encre. Les aspérités des talus sont si peu marquées qu'on peut se dispenser des morsures de finissage. Le grand creux des larges espaces blancs est remplacé par le fraisage mécanique.

IV. — Similigravure

L'impression typographique ne donne que deux tons : celui de l'encre et celui du papier. Pour reproduire par ce moyen des images à modelé continu, comme les photographies d'après nature, les tableaux, les lavis, il est nécessaire de transformer ce modelé en combinaisons de points ou de traits plus ou moins larges et plus ou moins espacés. Le cliché n'imprimera, en réalité, que du noir pur sur du papier blanc, l'épaisseur de l'encre déposée par le rouleau toucheur étant partout la même; mais les teintes claires seront représentées par des points noirs très petits et très espacés, tandis que les teintes foncées résulteront du rapprochement de points noirs assez larges séparés les uns des autres par d'étroits liserés blancs. C'est d'ailleurs ainsi que procède le dessinateur, pour donner l'illusion d'un modelé, en couvrant son papier de points ou de hachures au crayon ou à la plume. Et c'est encore ainsi que le graveur sur bois interprète les teintes continues par des reliefs plus ou moins étendus et resserrés.

Il s'agissait d'arriver au même résultat sans l'intervention du dessinateur et par des moyens exclusivement automatiques. Le plus pratique que l'on ait trouvé jusqu'ici est de sectionner l'image par l'interposition d'un réseau ou trame, formé de points opaques ou de lignes croisées. L'emploi du réseau, grainé ou quadrillé, est assez ancien; mais il a fallu tâtonner longtemps avant de trouver la meilleure disposition.

Dès 1853, Talbot proposait d'interposer entre le phototype et la planche sensibilisée au bitume un tissu à trame très fine. En 1864, Mattey employait à cet effet une gaze de soie. L'année suivante, E. et J. Bullock disposaient pour la première fois la trame dans l'appareil photographique, en avant et à faible distance de la plaque sensible. Edouard Cannevel, en 1885, réalisait plus complètement les conditions requises, en montant la trame sur un cadre mobile, de manière à l'amener exactement à la distance optima

entre la plaque sensible et l'objectif. Il transformait ainsi les modelés continus, d'opacités variables, en une image discontinue, formée de points d'une même opacité, mais d'inégales dimensions, et dont l'assemblage plus ou moins espacé produisait l'illusion de teintes proportionnelles aux valeurs de l'image originale. Cannevel fabriquait ses trames lui-même, en photographiant au collodion des rayures imprimées sur indienne. L'écart entre la trame et la surface sensible était réglé par une vis moletée fixée au-dessus de la chambre noire. Avec ce matériel rudimentaire, que l'on peut voir au Conservatoire des Arts et Métiers, Cannevel avait réussi quelques planches qui valent presque celles que l'on obtient de nos jours. Malheureusement, il n'y avait alors ni presse, ni encre, ni papier pour imprimer des clichés d'une structure si particulière. Pour exploiter industriellement ce procédé, il fallait créer tout un nouvel outillage.

Quoique inventée en France, la similigravure n'y a pas reçu ses perfectionnements décisifs. Pendant qu'on s'attardait, en Europe, à réduire par la photographie des lignes tracées sur papier, les Américains résolvaient complètement le problème par la gravure sur verre. En 1886, Deville, au Canada, prenait un brevet pour la fabrication des trames quadrillées, et Max Lévy, de Philadelphie, entreprenait en 1888 l'exploitation du brevet Deville. A la même époque, F. Ives donnait à la similigravure sa forme actuelle, en associant à la trame quadrillée sur verre un diaphragme carré substitué au diaphragme ordinaire de l'objectif. Les perfectionnements apportés aux presses et aux papiers ont achevé d'assurer le succès de ce procédé, qui est, actuellement, de beaucoup le plus répandu.

Les trames les plus usitées sont composées de deux glaces sur chacune desquelles ont été gravées des lignes parallèles, rendues opaques par l'application d'un vernis. Ces deux glaces sont superposées de manière que les deux lignes se croisant à angle droit forment un quadrillage. La trame doit être plus ou moins fine, suivant la nature des travaux à exécuter. Pour les grandes affiches, elle contient seulement 20 à 25 lignes par centimètre ; elle en contient environ 30 pour les journaux quotidiens imprimés sur presses rotatives, 50 à 60 pour les travaux courants sur des papiers de qualité moyenne, 70 à 80 pour les éditions de luxe, 90 à 100 pour les catalogues de très grand luxe et pour certaines publications scientifiques.

La trame est placée, dans la chambre noire, sur un cadre mobile dont on peut faire varier la distance avec le plan focal à l'aide d'une crémaillère et d'une vis micrométrique. L'intervalle qui sépare la couche sensible de la trame est généralement compris entre 2 et 7 millimètres, suivant la longueur focale de l'objectif, la plus faible distance correspondant au plus court foyer. L'appareil doit être construit avec une grande précision : il faut que la trame puisse être amenée dans un plan plus ou moins rapproché de la surface sensible, sans cesser de lui rester exactement parallèle.

Pour nous rendre compte de l'effet produit par l'interposition de la trame, supposons d'abord l'objectif dirigé vers une surface toute blanche, et examinons à la loupe le verre dépoli. Si la trame est en contact avec l'écran de mise au point, elle y projettera son image très nette ; mais, si nous éloignons lentement la trame, nous verrons sa silhouette s'estompe peu à peu et perdre progressivement de sa netteté. Chacune des mailles va former des ombres et des pénombres, et, en réglant avec soin la distance, nous arriverons à ce résultat que chaque élément de la trame apparaîtra comme une tache lumineuse au centre et s'obscurcissant jusqu'aux bords, qui seront noirs.

Plaçons maintenant devant l'objectif, non plus une surface uniformément blanche, mais un panneau dégradé du blanc au noir. Il y aura encore des ombres et des pénombres, derrière chaque maille de la trame, mais la zone éclairée sera d'autant plus large que la maille aura transmis plus de lumière. Substituons au verre dépoli une plaque sensible et prenons un temps de pose juste suffisant pour que les points correspondant aux blancs viennent bien noirs au développement, dans toute leur largeur. Les images du gris clair seront évidemment moins intenses, sur les bords extrêmes de chaque maille ; celles du gris foncé ne seront suffisamment impressionnées qu'au centre de chaque maille ; enfin, celles du noir seront, sinon entièrement invisibles, du moins pratiquement négligeables. Ainsi donc, à la condition de calculer exactement la pose et de développer de manière à obtenir un cliché brillant et plutôt heurté que doux, nous verrons le blanc du modèle représenté par des points larges et se touchant presque, les gris représentés par des points plus étroits et dont les bords seront par conséquent plus espacés les uns des autres, et les noirs représentés par des points imperceptibles.

Ce négatif donnera naturellement un positif sur lequel le blanc sera représenté par de très petits points espacés, les gris par des points plus larges et moins espacés, et le noir par des points

dont la largeur sera presque égale à celle des mailles de la trame.

La planche sur laquelle sera gravée cette image tramée pourrait être préparée de la même manière qu'en photogravure au trait. En fait, cependant, la similigravure est généralement exécutée suivant le *procédé émail*. La couche sensible est ici une solution de colle-forte soluble à froid additionnée de bichromate d'ammoniaque, que l'on coule sur la plaque de métal à graver. On emploie, à cet effet, soit le zinc, soit le cuivre. Le zinc, dont le coût est moins élevé et la morsure plus rapide, est appliqué aux travaux urgents ou peu soignés. Comme il se prête à une profondeur plus grande des tailles, c'est également sur ce métal que sont gravés les clichés à grosse trame des affiches et des journaux quotidiens. Le cuivre, plus facile à retoucher, moins altérable et plus résistant à l'écrasement, est réservé aux travaux de luxe et aux longs tirages. La couche sensible, une fois sèche, est mise en contact avec le négatif tramé et exposée à la lumière qui rend la colle bichromatée insoluble sous les transparences du phototype. Un lavage à l'eau froide élimine les parties de la couche restées solubles sous les points opaques du négatif. On fait sécher, et on porte la plaque sur un gril métallique chauffé : la cuisson transforme la colle-forte en une sorte de caramel, très improprement qualifié d'émail par les photograveurs, mais suffisamment résistant aux bains de morsure.

Le mordant est l'acide nitrique dilué pour les clichés sur zinc, et le perchlorure de fer pour les clichés sur cuivre. Par suite du rapprochement des reliefs dont l'image est formée, les creux de simili sont ordinairement limités à une faible profondeur, d'ailleurs proportionnée aux dimensions des éléments de la trame. Ainsi, pour une trame ne contenant que 20 lignes par centimètre, la profondeur des tailles sera d'environ 1/10 de millimètre ; tandis que, si la trame est de 60 lignes au centimètre, les creux devront être réduits à 1/25 de millimètre. La morsure des clichés de similigravure est donc plus rapide que la morsure de trait et s'accomplit généralement en une seule phase, sans qu'il soit nécessaire de recourir aux complications du gillotage. Dans certains cas, cependant, la largeur des mailles de la trame et la profondeur des cavités qui en est la conséquence obligent à fractionner la morsure.

Pour que l'impression soit bonne, il faut que chaque maille de la trame se trouve représentée sur la planche par un point en relief, de largeur variable. Les teintes claires sont reproduites par des points exigus séparés par des espaces blancs assez larges ; les teintes moyennes sont traduites par un quadrillage, une sorte de damier formé de carrés blancs et noirs; enfin, les teintes foncées ne laissent apercevoir que de très petits points blancs sur le fond noir. Parfois même, ces points blancs disparaissent, dans les ombres les plus opaques, et la touche est alors uniformément noire. De même, aux endroits correspondant aux plus vives lumières du sujet, le point noir en relief fait quelquefois défaut, et le papier n'y reçoit aucune impression. Mais ces deux cas extrêmes sont exceptionnels et doivent rester limités à des surfaces peu étendues, sans quoi l'image manquerait d'harmonie; les noirs opaques seraient lourds, les blancs sembleraient rongés, et il arriverait fréquemment que le rouleau encreur, n'étant pas soutenu au-dessus des cavités trop larges, les remplirait d'encre, d'où impossibilité d'imprimer des images propres.

Ce pointillé répandu sur toute la surface, même sur les endroits que l'on voudrait voir entièrement blancs, offre un réel inconvénient; il jette sur l'image une sorte de voile (le voile de la trame) qui diminue l'éclat et la précision de l'original. Ce voile est peu sensible, quand la trame employée est d'une extrême finesse ; mais une telle trame exige un matériel de premier choix, un personnel habile, un très beau papier et des encres de qualité supérieure, qui en limitent l'application aux publications de luxe. Une trame très large donne des points gris, faciles à graver et à tirer, même sur des papiers grossiers, mais supprime beaucoup de détails. Aussi l'emploi en est-il réservé aux journaux quotidiens. Les trames de finesse moyenne sont les plus usitées, car elles permettent de concilier, jusqu'à un certain point, les exigences artistiques avec les nécessités économiques. Cette finesse moyenne exige déjà que la morsure soit limitée à de très faibles creux, afin de ne pas détruire le point dans les blancs. Il est donc nécessaire de régler l'encrage des reliefs avec le plus grand soin, pour éviter les empâtements. En outre, il faut employer des papiers à surface absolument plane et lisse, obtenue en recouvrant une pâte déjà très régulière d'un enduit brillant ou *couchage*, composé de sulfate de baryte, de plâtre, de kaolin, de gélatine et de caséine.

Les papiers couchés ont souvent fait l'objet de justes critiques, bien qu'ils fournissent des images très vigoureuses et très nettes. Leur surface miroitante fatigue la vue, et la lecture des textes qui y sont imprimés est pénible, à la longue. Ils sont, en outre, facilement salis, fragiles et cassants. Un pli, le passage du couteau à papier, la

moindre éraillure d'ongle marquent un trait indélébile, et le feuillet touché d'un doigt très légèrement humide est irrémédiablement taché. Enfin, la conservation des plus beaux ouvrages imprimés sur ces pâtes complexes n'est rien moins qu'assurée.

Cependant, on est arrivé à réaliser d'excellentes impressions sur des papiers à surface mate, quoique très régulière. Ces papiers sont généralement assouplis dans de l'eau additionnée de glycérine. Les images tirées de la sorte sont aussi fines et aussi nettes que les épreuves glacées ; elles sont même plus belles et d'un aspect plus artistique, et le texte qui les accompagne est beaucoup plus commode à lire, sans fatigue pour la vue.

La similigravure n'égale certes pas l'héliogravure en creux pour la beauté des estampes ; mais, malgré les perfectionnements récemment apportés aux procédés en taille-douce, qui vont faire l'objet du paragraphe suivant, elle s'impose encore, dans la plupart des cas, par la rapidité avec laquelle est obtenue la planche d'impression et la facilité avec laquelle on en tire économiquement de bonnes épreuves. En quelques heures, elle permet d'exécuter, par les moyens ordinaires de l'imprimerie, à des milliers d'exemplaires, des images mêlées au texte et d'une exactitude autrefois inconnue. C'est, de beaucoup, le procédé qui a le plus contribué à multiplier les publications illustrées et à les rendre accessibles à tous.

V. — Héliogravure

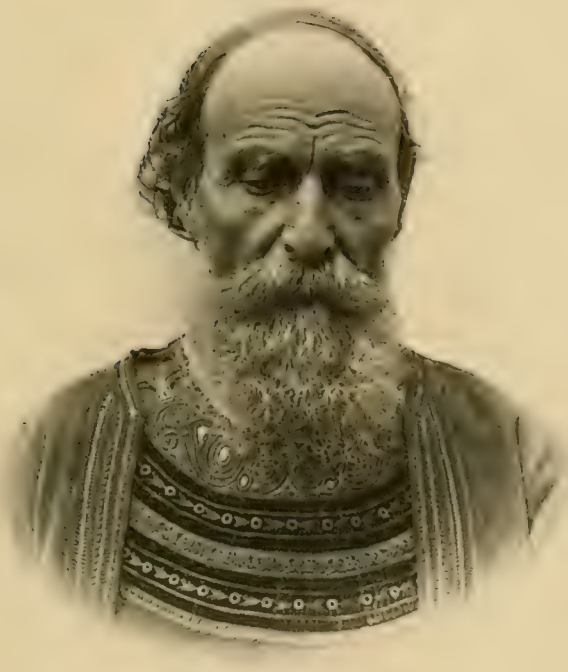
Dans les procédés de gravure au burin ou à l'eau-forte, les traits du sujet, les parties à reproduire en noir, sont représentés sur la planche d'impression, non par des reliefs, mais par des cavités étroites, rainures ou points, plus ou moins espacés et plus ou moins profonds. A chaque exemplaire qu'on veut en tirer, cette planche est d'abord uniformément recouverte d'une encre assez fluide pour pénétrer dans toutes les cavités; il faut ensuite essuyer méticuleusement la surface, jusqu'à ce qu'elle soit très brillante et que les creux restent seuls garnis d'encre. Si l'on y applique alors un papier préalablement assoupli par l'humidité et qu'on presse le tout sous une sorte de laminoir, le papier pénètre dans les tailles et en retire toute l'encre qu'elles contenaient.

La gravure en creux ne peut pas se tirer en même temps que les caractères typographiques ; elle ne s'applique donc, en principe, qu'à l'illustration hors texte. C'est, de plus, un procédé coûteux, car l'encrage et l'essuyage exigent beaucoup d'habileté, beaucoup de soins, et ce qu'on fait pour une épreuve il faut le faire aussi pour les suivantes : pas de mise en train. La lenteur de cette méthode est d'ailleurs amplement compensée par la beauté de ses produits. Jamais la gravure en relief ne donnerait ces noirs veloutés et profonds, ces touches à la fois moelleuses et énergiques, ces lumières vibrantes qui caractérisent les estampes en taille-douce. La gravure en relief, avons-nous dit, ne donne en réalité que deux tons, celui du papier et celui de l'encre à son maximum d'intensité : la gravure en creux, au contraire, crée réellement des demi-teintes, modulées suivant la profondeur des tailles, qui contiennent une couche d'encre plus ou moins épaisse.

La faible profondeur qu'il suffit de donner aux creux rend assez facile la gravure chimique des planches en taille-douce, et n'exige pas le fractionnement des morsures, comme la gravure en relief. La gravure à l'eau-forte a pu être créée quatre siècles avant le gillotage, et l'héliogravure, ou gravure photographique en creux, a aussi précédé la photogravure en relief ; elle est même antérieure à l'invention de Daguerre.

L'*héliographie* de Niepce était fondée sur la propriété qu'a le bitume d'être insolubilisé par la lumière. Une plaque de métal enduite d'un vernis au bitume était exposée au soleil, sous le dessin à reproduire ; un mélange de pétrole et d'essence de lavande dissolvait ensuite les parties de la couche sensible demeurées solubles sous les opacités du modèle, accomplissant ainsi en quelques instants le travail si long et si délicat du graveur à l'eau-forte, et la planche plongée dans un acide était creusée aux endroits mis à nu, le reste de sa surface étant protégé par le bitume devenu insoluble. Il existe plusieurs estampes ainsi obtenues par Niepce, entre autres un *Portrait du cardinal d'Amboise*, dont la planche, en étain, date de 1824. Elle est conservée au musée de Chalon-sur-Saône. Le procédé de Niepce, à peine modifié, est encore utilisé de nos jours, pour la reproduction en héliogravure de dessins au trait, mais il ne convient pas aux images à demi-teintes. Remarquons, en effet, que, si de larges espaces noirs ou gris étaient simplement traduits sur la planche par de larges cavités, l'encre n'y pourrait pas rester et serait emportée à l'essuyage. Il faut que chaque point de la planche contienne une quantité d'encre proportionnée à la vigueur des ombres, et cette condition ne sera réalisée que si le métal est divisé en cellules plus ou moins profondes, mais toujours très étroites, de manière à retenir,

Supplément à la Revue générale



Héliogravé par C. Schutzenberger

93, Rue Denfert Rochereau, Paris

malgré l'essuyage, la dose de noir correspondant aux diverses valeurs de l'image.

Ce sectionnement a d'abord été réalisé en recouvrant la planche d'une poudre de résine qui, légèrement chauffée, forme un grain inattaquable par le bain de morsure. Le grain de résine, utilisé depuis longtemps par les graveurs en *aqua-tinta*, a été appliqué dès 1852 à l'héliogravure par Fox Talbot. Ce procédé, perfectionné par Klic en 1879, est encore en usage dans quelques ateliers; mais, presque partout, on l'a remplacé par le sectionnement réalisé au moyen de trames. Le brevet délivré à Talbot en 1852 prévoyait également cette méthode; on y avait renoncé, parce que la mousseline ou le crêpe que l'on interposait alors entre le phototype et la couche sensible ne pouvaient produire qu'un sectionnement trop grossier, trop apparent et trop irrégulier. On y est revenu, quand l'industrie est parvenue à fabriquer des trames gravées sur verre, à la fois très fines et très régulières. Les trames destinées à l'héliogravure sont toutes différentes de celles que l'on emploie en similigravure. D'abord, les éléments en sont beaucoup plus petits, car elles contiennent 100 à 160 lignes par centimètre, dans chaque sens. D'autre part, les traits opaques sont beaucoup moins larges que les surfaces transparentes. C'est que le rôle de la trame, en héliogravure, n'est pas de créer des ombres et des pénombres, comme en similigravure, mais simplement de diviser l'image en cellules séparées les unes des autres par de minces cloisons, et cette condition ne sera réalisée que si la trame permet de former sur la planche des réserves très fines, notablement plus étroites que les cellules sur lesquelles agira le mordant.

La trame d'héliogravure la plus récente est constituée par une seule glace. La surface sur laquelle est gravé le quadrillé est mise en contact immédiat avec l'émulsion d'une plaque au gélatinobromure ou au collodion sec; on expose le tout dans la chambre noire, devant laquelle est disposé le négatif du sujet à reproduire. Les traits opaques de la trame projettent une ombre très nette sur la couche sensible, et, au développement, on a une image positive entrecoupée de lignes parfaitement transparentes. C'est sous ce diapositif tramé qu'est exposée la couche sensible, constituée maintenant, non plus par du bitume mais par de la gélatine bichromatée.

Au lieu de couler cette gélatine sur la plaque de cuivre à graver, on peut utiliser un papier au charbon. Cette méthode, indiquée par Toovey en 1864, tend à se généraliser dans tous les ateliers. On se sert, de préférence, d'un papier recouvert de gélatine colorée en rouge orangé, qui permet de suivre aisément les progrès de la morsure. Le papier gélatiné, sensibilisé au bichromate, est insolé sous le cliché positif, puis mouillé, transféré sur la plaque de cuivre et dépouillé dans l'eau chaude. Sous les points préservés de la lumière par les opacités du diapositif, la gélatine est entièrement dissoute; sous les demi-teintes, il en reste une couche plus ou moins épaisse, suivant l'intensité de l'impression lumineuse, et le maximum d'épaisseur correspond aux blancs du sujet ainsi qu'au quadrillage transparent.

On enduit alors le dos de la plaque et les marges d'un vernis au bitume ou à la gomme laque, et on procède à la morsure, dans une solution de perchlorure de fer. Le mordant attaque le cuivre d'autant plus lentement qu'il est protégé par une couche de gélatine plus épaisse. Le métal sera donc creusé plus ou moins profondément, suivant les diverses valeurs du modelé, excepté sous le quadrillage résultant de l'emploi de la trame. Il s'ensuit que les noirs et les demi-tons du sujet seront traduits sur la planche par une multitude de petites cavités carrées séparées par de minces cloisons. Ces alvéoles seront à peine marquées dans les demi-teintes claires; elles seront un peu plus creusées dans les demi-teintes plus foncées et atteindront, enfin, leur maximum de profondeur dans les grands noirs.

Jusqu'à ces dernières années, l'héliogravure était tirée uniquement sur les presses à main en usage dans les ateliers de gravure au burin ou à l'eau-forte. Ce mode de tirage est d'ailleurs encore pratiqué, dans les travaux de luxe, et fournit des estampes très supérieures à celles que produisent l'encrage automatique et l'impression sur presses rotatives. Il exige des ouvriers habiles, qui réussissent à modifier profondément l'aspect des images, suivant la manière de poser et d'enlever l'encre. La presse à main est très simple: c'est un plateau et un cylindre d'acier entre lesquels sont comprimés la planche encrée et le papier.

La planche I est une reproduction par ce procédé; elle sort des ateliers de M. L. Schützenberger, qui a tiré en héliogravure les illustrations d'un grand nombre de publications scientifiques, en particulier les planches de l'admirable *Carte photographique du Ciel*.

Les graveurs s'étaient préoccupés, depuis longtemps, d'abréger l'encrage, l'essuyage et l'impression, en substituant au travail manuel le travail rapide et régulier des machines. Déjà, en 1878, on voyait à l'Exposition universelle de Paris une presse rotative pour tirages en

taille-douce, construite par les Etablissements Marinoni, sur les indications de M. Guy. En 1908, à l'Exposition du matériel d'imprimerie, M. Dujardin présentait en fonctionnement une presse analogue. La planche gravée en creux était courbée et montée sur un cylindre; elle s'encrait automatiquement, et l'excès d'encre était enlevé par des tampons de linge. Dans la machine Saalburg, brevetée en 1909, l'essuyage aux tampons est remplacé par le frottement d'un couteau d'acier appliqué contre le cylindre encré. Divers perfectionnements de détails, dus principalement à M. Edouard Mertens, ont achevé la réalisation pratique de l'héliogravure rotative, que l'on désigne parfois sous les noms de *rotogravure* ou de *roto-taille-douce*.

Primitivement, on gravait d'abord une plaque de cuivre plane, puis on la cintrait pour l'adapter au cylindre de la presse rotative. Actuellement, on grave directement un cylindre en cuivre, autour duquel est transféré le papier au charbon insolé sous le diapositif tramé. Ce cylindre est monté sur un arbre en acier qui s'adaptera, pour le tirage, à deux coussinets de la presse rotative. Pendant les opérations du transfert, du dépouillement et de la morsure, il est placé sur un chariot, au-dessus d'un auget contenant soit de l'eau froide ou chaude, soit les bains de morsure.

La morsure achevée, on enlève la gélatine, on retouche la gravure, s'il y a lieu, et on monte le cylindre sur la presse, où il s'encre sur un rouleau trempant dans un auget. L'essuyage est réalisé au moyen d'une lame d'acier mince et flexible portant sur la surface encrée et animée d'un mouvement de va-et-vient analogue à celui que le rémouleur imprime au couteau qu'il aiguise sur la meule. Il ne reste, dès lors, que l'encre contenue dans les cavités du cuivre.

Le papier destiné au tirage est disposé sur la machine, en une grande bobine. Il est guidé par un certain nombre de rouleaux d'acier poli, pressé par des rouleaux flexibles sur le cylindre encré et conduit sous un manchon chauffé à la vapeur, où l'encre sèche rapidement. Il passe ensuite, s'il y a lieu, par la même série d'opérations, pour l'impression de l'autre face, et il est enfin découpé en feuilles. On arrive actuellement à tirer par ce moyen jusqu'à 12.000 épreuves à l'heure.

La rapidité du tirage ne nuit pas à sa perfection, et, si les images sorties de la presse rotative n'ont pas le caractère artistique des estampes encrées et essuyées par une main habile, elles gardent pourtant un avantage marqué sur les similigravures. Les blancs en sont très purs, les noirs vigoureux, les demi-teintes transparentes, et les traits de la trame sont si fins que le cloisonnement est très peu apparent, lorsqu'il n'est pas entièrement masqué par un léger débordement de l'encre ou par les rugosités du papier.

La gravure en taille-douce n'exige pas l'emploi de papiers couchés; l'héliogravure de luxe se tire sur des pâtes de qualité supérieure, analogues à celles que les graveurs au burin et à l'eau-forte utilisent depuis des siècles et dont la solidité a certes fait ses preuves; mais elle se prête également aux tirages sur les papiers les plus communs, même ceux sur lesquels sont imprimés les journaux quotidiens.

L'inconvénient de la gravure en creux, c'est qu'il n'est pas possible de la tirer en même temps que les textes typographiques ordinaires, composés de caractères en relief. Il existe pourtant divers moyens de tourner la difficulté. D'abord, rien n'empêche de fabriquer des caractères mobiles en creux. On prend une empreinte de la composition avec un carton-pâte que l'on courbe en cylindre. En coulant sur ce moulage un alliage d'imprimerie, on a un cylindre métallique sur lequel le texte est reproduit en creux, comme les images qui doivent l'illustrer.

On peut aussi utiliser des caractères typographiques ordinaires : on tire une épreuve du texte, on y joint le modèle de l'illustration, et l'on photographie le tout. Le négatif ainsi obtenu sert à exécuter un diapositif tramé à l'aide duquel est préparé le cylindre imprimeur.

Enfin, on a construit des presses qui permettent de combiner le tirage du texte typographique en relief avec celui de la gravure en creux. Le papier passe alors sur divers rouleaux où s'effectuent les phases successives de l'impression.

L'héliogravure rotative a pu être appliquée à l'impression des papiers de tenture et des tissus, et donne des images d'une grande finesse, aussi parfaitement modelées qu'une épreuve photographique. On est parvenu à imprimer par ce procédé 10.000 mètres de papier en une heure, et il ne paraît pas impossible d'atteindre à la même rapidité dans l'impression des étoffes.

Ernest Coustet.

LA CULTURE DU CACAOYER EN AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE

SON AVENIR

Au cours d'une récente mission en Afrique (juillet-décembre 1914), il nous a été donné de faire une série d'observations intéressantes sur l'importance et l'avenir de certaines productions culturales dans nos colonies. C'est donc le résumé de nos constatations concernant le cacaoyer que j'ai le désir d'exposer dans les lignes qui vont suivre.

I

On sait que le cacaoyer, d'origine américaine, est aujourd'hui cultivé dans de nombreuses contrées tropicales du monde entier. Sa graine fut connue des plus anciennes civilisations du Centre-Amérique, des milliers d'années avant l'ère chrétienne; elle était si particulièrement estimée qu'elle constituait une riche monnaie d'échange chez les Mexicains, au moment de la conquête espagnole; aujourd'hui comme jadis, elle fait la base de préparations alimentaires de luxe désignées sous le nom de chocolat, dont la consommation s'accroît sans cesse dans le monde entier. L'on conçoit dès lors que la culture du précieux arbre soit l'objet de soins attentifs comme aussi d'essais nombreux d'extension de la part de toutes les nations colonisatrices.

La production mondiale actuelle est voisine de 250 millions de kilogs de graine sèche, ce qui correspond à peu près à un même chiffre d'arbres adultes en production. La demande industrielle reste un peu plus élevée ; le marché n'est donc pas encore saturé, et la statistique enregistre au cours de ces quinze dernières années une progression constante, passant de 126.000 tonnes en 1903 à un chiffre double pour les récoltes de ces dernières années.

Mais l'intérêt de cette question du cacao pour notre pays réside dans ce fait que nous ne produisons guère annuellement que la vingtième partie des graines demandées par nos industries du chocolat, soit le chiffre infime de 1.700 tonnes. Le tableau ci-dessous est assez éloquent pour se passer de tout commentaire.

Années	Consommation du cacao en France	Production des colonies françaises.
—	—	—
1903	20 742	1 038
1904	21 794	1 080
1905	21 748	1 179
1906	23 404	1 262
1907	23 180	1 387
1908	20 445	1 421
1909	23 254	1 372
1910	25 068	1 547
1911	27 340	1 553
1912	26 891	1 706

Production mondiale : près de 250.000 tonnes.

N. B. — La France achète donc au minimum à l'étranger pour *soixante-dix millions de francs* de cacao, alors que notre immense domaine colonial ne lui en fournit que pour la somme de *quatre millions* de francs.

Est-ce donc que le cacaoyer ne saurait trouver dans nos colonies les conditions nécessaires à son développement ?

On serait tenté de le croire; heureusement il n'en est rien. Aux Antilles, à la Guyane, à Madagascar, à la Réunion, dans certaines régions d'Indo-Chine, en Océanie et enfin dans le golfe de Guinée, au Gabon et au Congo, partout il existe des terres où peut croître cet arbre et des zones où les conditions climatiques sont suffisamment favorables.

Il ne faut donc chercher à cette infime production que des raisons politiques et économiques sur lesquelles il serait fastidieux de disserter. Constatons le fait et cherchons le remède.

Avant toutefois d'aborder la question spéciale du cacaoyer en Afrique française, il n'est pas sans intérêt d'examiner comment se répartit actuellement la production mondiale et aussi de faire ressortir les causes de certaines évolutions récentes.

Pendant très longtemps, l'Amérique centrale, patrie du cacaoyer, a gardé sur les autres pays de culture une prépondérance marquée, mais il semble qu'il se produit un déplacement menaçant pour elle, si l'on examine les progrès formidables accomplis par l'Afrique au cours de ces vingt dernières années.

Ce serait un juste retour des choses, car chacun sait que l'Amérique du Sud (l'État de Sao Paolo en particulier) a pour ainsi dire accaparé la production du café, bien que le caféier soit un arbuste originaire de l'Afrique.

De nos jours, c'est la colonie anglaise de la *Gold Coast* qui tient la tête des statistiques de production du cacao, avec le chiffre formidable de 51.000 tonnes en 1914; viennent ensuite : la République de l'*Equateur* avec 40.000 tonnes environ; *San Thomé* pour un chiffre sensiblement égal; le *Brésil*, 35.000 t.; la *Trinité*, 22.000 t.; la *République dominicaine*, 20.000 t.; le *Venezuela*, 17.000 t., etc.

Les colonies allemandes produisaient 4.000 à 5.000 tonnes et la culture du cacaoyer était très encouragée au Cameroun, qui a récolté en 1913 plus de 2.500 tonnes.

L'Afrique, grâce à la colonie portugaise de

San Thomé et la colonie anglaise de la Côte d'or, intervient pour un chiffre approchant 100.000 tonnes, et c'est un fait sur lequel il est nécessaire d'insister, car un coup d'œil jeté sur la statistique ci-dessous montre avec quelle rapidité s'est faite cette prise de possession du marché :

Production de cacao en Afrique (en tonnes)

Années	San Thomé	Gold. Coast
1870	92	»
1900	11 426	544
1901	13 571	995
1902	14 741	2 431
1903	18 842	2 312
1904	21 236	5 187
1905	23 187	5 129
1906	24 619	9 064
1907	24 194	9 850
1908	28 730	12 946
1909	30 260	20 534
1910	35 500	28 000?
1911	38 000	40 357
1912	à peu près	41 000
1913	stationnaire	46 000
1914	40 000 t. environ	51 000 t. environ

N. B. — Les statistiques ne sont pas toujours d'accord à 2 ou 3 milliers de tonnes près, en ce qui concerne l'île de San Thomé; cela tient sans doute à ce que les auteurs y ont ajouté, ou non, la production de l'île voisine de Fernando-Po. Cela n'a d'ailleurs aucune influence sur les déductions à tirer de leur examen, car les chiffres approchent toujours de très près la réalité.

Commencée un peu avant 1870, la culture du cacaoyer à l'île de San Thomé est restée sensiblement stationnaire jusqu'en 1900, époque où la progression s'est accusée régulièrement pour arriver, en ces dernières années, au chiffre de 40.000 tonnes environ, chiffre qui semble devoir être difficilement dépassé; toute la production est entre les mains des Européens.

A la Gold Coast, les chiffres sont encore plus significatifs et d'autant plus intéressants que tous les cacaoyers ont été plantés par les villages indigènes, subventionnés seulement par des sociétés anglaises et largement encouragés par le Gouvernement. La première tonne est arrivée sur le marché en 1893 et, à partir de 1900, le nombre des cacaoyers s'élève partout, si bien que dix ans après le cacao d'Accra importé en Europe passait de 500 tonnes à près de 30.000 tonnes, et que l'année dernière la progression s'est encore accrue, puisqu'elle atteint 51.000 tonnes, dont le tiers est acheté par une firme importante de Marseille.

Ce formidable effort devait avoir comme conséquence de secouer la torpeur de nos colons et de nos administrateurs, mais les conditions politiques et économiques des colonies françaises africaines ne pouvaient être comparées à celles des pays dont il vient d'être question.

II

Parmi nos possessions africaines, seules les colonies de la Côte d'Ivoire et du Gabon pourraient devenir productrices d'une quantité importante de cacao.

Beaucoup de régions du Moyen-Congo seront sans doute également aptes à cette culture, mais leur éloignement de la côte d'une part, et d'autre part le manque absolu de moyens de communication rapides et à bon marché n'en permettront, de longtemps, la possibilité.

Gabon. — Bien que la France ait occupé la côte gabonnaise depuis plus d'un demi siècle, l'outillage économique de cette malheureuse colonie est inexistant, et il faut admirer les efforts et la vaillance de ces hommes, perdus dans la brousse ou la grande forêt, qui tentent malgré tout la mise en valeur de ce riche coin de notre domaine colonial.

Les terribles événements actuels ne pourront heureusement qu'attirer l'attention de la Métropole et de ses dirigeants sur la triste situation de cette colonie, que des hommes distingués ont cependant tour à tour administrée sans qu'il leur soit possible d'apporter aucune amélioration.

Quelques centaines de kilomètres de chemin de fer et de routes, des services de bateaux fréquents et réguliers dans l'Ogooué, le Fernan-Vaz et sur l'estuaire du Gabon, cette magnifique voie de pénétration dont nous nous n'avons su tirer aucun parti, sont indispensables, au premier chef.

La pénurie de la main-d'œuvre est encore ici un obstacle sérieux au développement des cultures. Les colons de la région méridionale sont, à cet égard, mieux favorisés; mais ceux de l'estuaire du Gabon et de ses affluents, ne pouvant guère utiliser les Pahouins qu'aucune action administrative n'a encore policés, sont obligés de faire venir à grands frais des travailleurs du Mayumbe.

Or, jusqu'à ces derniers temps, aucune garantie sérieuse de recrutement des indigènes n'est établie, et malgré les frais considérables qu'occasionne le transport, le planteur n'est pas assuré

1. Une raison autre que les mœurs paresseuses et les autres coutumes des Pahouins concourt encore à rendre difficile le recrutement de la main-d'œuvre : c'est la rémunération souvent exagérée qui est offerte aux indigènes engagés par les coupeurs de bois d'okoumé de l'Ogooué.

Les travailleurs, gagnant en quelques semaines des sommes considérables pour eux et qui leur suffisent pour manger pendant 8 à 10 mois, refusent tout travail ultérieur et attendent que la misère soit à nouveau revenue pour accepter les offres des colons.

de la valeur physique des hommes, cependant recrutés avec la surveillance de l'Administration. Le Gouverneur actuel cherche, avec la meilleure bonne volonté, le remède à cet état de choses et la colonie sait qu'elle peut compter dans l'avenir sur ses qualités reconnues d'administrateur. Il est d'ailleurs grand temps de faire quelque chose, si l'on veut sauver les quelques plantations qui ont dépassé la difficile période du début; or il ne faut pas oublier qu'en matière de colonisation agricole ou industrielle, tout échec implique non pas un arrêt dans la marche en avant, mais un recul véritable : la conséquence de l'échec jetant une défaveur marquée sur ces entreprises, d'où le résultat immédiat de tarir la source des capitaux indispensables à toute évolution.

Quant à la *culture par les indigènes*, dont se préoccupe également avec beaucoup de méthode M. le Gouverneur Guyon, elle est actuellement possible en exigeant d'eux la mise en place d'un nombre fixe de cacaoyers par tête d'habitant. Encore faudra-t-il avoir les moyens de créer une organisation agricole de moniteurs indigènes surveillés par des agents du futur Service d'Agriculture, organisation qui puisse fonctionner avec régularité, fermeté et compétence, afin que l'effort n'ait pas été exigé en pure perte. Jusqu'alors le Gabon n'a pu fournir qu'environ une centaine de tonnes de cacao, et cependant je ne crois pas exagérer en disant qu'il a existé plus d'un million de pieds de cacaoyers sur tout le territoire avoisinant le littoral. On devrait donc actuellement, si une bonne direction avait été imposée à ces plantations, exporter de ce pays plus d'un millier de tonnes, chiffre atteint depuis longtemps par le Cameroun.

En ce qui concerne les travailleurs, on devra aussi dans tout le Gabon surveiller avec un soin extrême les cas heureusement encore rares de maladie du sommeil. Or la pénurie de médecins est complète, et pourtant les planteurs accepteraient bien volontiers le paiement d'une prime pour recevoir, trois ou quatre fois par an, le médecin chargé de l'inspection médicale de leurs travailleurs.

Qu'on veuille bien offrir à nos jeunes médecins, pour s'expatrier dans ces régions éloignées, une rémunération en rapport avec les risques courus et non plus une indemnité presque ridicule, alors je suis sûr que l'on n'aura que l'embarras du choix à cette époque de pléthore médicale métropolitaine.

Le lecteur m'excusera d'insister sur la nécessité de l'assistance médicale aux indigènes comme aux blancs, car tous ceux qui ont pu mettre le pied sur la terre congolaise, en particulier, savent combien grande est l'importance de cette question, au point de vue humanitaire d'abord, économique ensuite.

La réussite des cultures à grand rendement au Gabon ne peut être assurée que par l'intervention des pouvoirs publics apportant au colon une collaboration effective à laquelle il a droit; faute de cette collaboration, tout essai de colonisation agricole et forestière est superflu, et mieux vaut abandonner des conquêtes coûteuses en argent et en vies humaines si elles doivent plus longtemps rester improductives.

Le cacaoyer est dans cette colonie, nous en gardons la conviction, parmi toutes les plantes économiques une de celles qui promettent le plus bel avenir, mais sa culture y est destinée à s'étendre surtout par les entreprises européennes, en association avec celle du caféier ou avec l'exploitation du palmier à huile.

Côte d'Ivoire. — Depuis une dizaine d'années, la pénétration de la forêt s'est faite graduellement et, grâce à la continuité de nos efforts, cette colonie deviendra certainement la plus riche de toutes celles de notre groupe de l'Afrique occidentale ; la variété des productions de son sol la met en effet, d'ores et déjà, à l'abri des risques d'une monoproduction.

Les dernières tribus les plus rebelles à notre influence sont ou vont être pacifiées, et bientôt, comme dans la région forestière située à l'est du chemin de fer que nous avons parcourue récemment, la culture du cacaoyer s'y implantera à côté de celle du kolatier, du caféier et d'autres espèces encore.

L'unité de vue et d'action, qui a inspiré les deux éminents Gouverneurs généraux Roume et W. Ponty, a doté l'Afrique occidentale d'une politique indigène ferme et humanitaire et d'un réseau de routes et de voies ferrées qui ont entraîné sa rapide évolution.

D'autre part, au milieu du défilé cinématographique de fonctionnaires de tous ordres, qui est trop souvent la caractéristique de notre action coloniale, la Cote d'Ivoire a eu l'extrême chance de conserver, pendant déjà 8 années, le même chef dont chacun s'accorde à reconnaître en particulier les qualités d'énergie, de ténacité, de travail et de direction intelligente. Il en est résulté que, dans tous les villages indigènes, les mesures d'hygiène sont appliquées avec rapidité, les cultures se développent, les moyens de communication s'améliorent et que la misère physiologique qui frappait les noirs apathiques s'atténue considérablement. Seule la consommation de l'alcool menaçait la race ; les règlements nouveaux

ont enrayé le mal qui disparaîtra sans doute à tout jamais.

L'exemple de la Gold-Coast, où la culture du cacaoyer a pris la formidable extension que l'on sait, ne devait pas être perdu pour la Cote d'Ivoire, et aujourd'hui, grâce à l'action administrative, non seulement dans l'Indénié, le Nzi-Comoë, les cercles d'Assinie et des Lagunes, mais encore dans la région de Tiassalé, dans la Sassandra et surtout le Cavally, tous les villages indigènes ont planté des cacaoyers.

Commencé en 1909, ce mouvement fut à peu près sans effet, car les arbres n'ayant pu être surveillés, la plupart sont morts faute de soins. Depuis cette époque, les administrateurs ont renouvelé leur effort et des moniteurs indigènes, instruits par les agents du Service de l'Agriculture et dirigés par eux, surveillent dorénavant les arbres et apprennent aux noirs à les protéger et les soigner.

En conséquence la réussite impose la nécessité d'aménager au plus vite des voies et moyens de transport, et c'est le problème le plus ardu à résoudre dans le plus bref délai possible. Le portage de la production qui se prépare est impossible; en effet, la population forestière n'y pourrait suffire en s'y consacrant tout entière, car c'est par centaines de tonnes que sera récolté le cacao, dans un très petit nombre d'années, à la Cote d'Ivoire et *par les indigènes seulement.*

Le Service d'Agriculture se préoccupe de créer les stations de fermentation et de séchage où les moniteurs apprendront aux indigènes [1] à préparer le cacao à l'aide de moyens très simples et à fournir ainsi au commerce un produit bien préparé, dont la valeur dépassera dès lors notablement celui de la colonie anglaise voisine dont la qualité est inférieure, quoique sensiblement améliorée depuis ces dernières années.

Quant à la culture européenne, elle est également en bonne voie en divers endroits et, en tenant compte des indications précédemment fournies dans ces notes, elle est à encourager, son extension pouvant être rapide sans gêner en quoi que ce soit les efforts des indigènes.

Nombreux sont les points propices à l'établissement des cacaoyères; les moyens de communications se multiplient chaque jour à travers la forêt ivorienne, la main-d'œuvre s'y recrute assez facilement et la maladie du sommeil n'y existe pas. La situation y est donc extrêmement favorable pour le cacaoyer, qui pourra beaucoup plus rapidement qu'au Gabon prendre un essor considérable.

III

En somme, le cacaoyer doit prendre sous peu une place fort importante comme culture à grand rendement dans les deux colonies forestières de notre domaine africain. La Côte d'Ivoire, faisant partie du groupe de l'Afrique occidentale, fut mieux dotée de moyens d'action et doit en conséquence prendre la première place ; il y a lieu toutefois d'espérer que les pouvoirs publics voudront enfin donner à notre Afrique équatoriale, sans doute bientôt agrandie, les ressources en argent nécessaires comme frais de première installation, ce qui permettra de procéder à l'établissement de routes accessibles au roulage, voies navigables, chemin de fer, assistance médicale, etc., tous moyens sans lesquels, aux colonies surtout, le moindre progrès est rigoureusement impossible.

Em. Perrot,
Professeur à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris.
Chargé de mission en Afrique.

1. Nous continuons à penser, comme nous l'avons exposé à la Chambre de Commerce de Grand-Bassam, que les maisons de commerce pourraient ici jouer un rôle économique fort important, en achetant directement aux indigènes les cabosses de cacao et installant dans les villages les plus importantes des stations de fermentation et de séchage, sous leur surveillance directe.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Delens (P.). — Problèmes d'Arithmétique amusante. — *1 vol in-8 de 164 p. (Prix : 2 Fr.) Librairie Vuibert, 63, Boulevard St-Germain, Paris,* 1914.

Les quelques récréations réunies dans ce recueil donnent, sous forme amusante, des applications élémentaires de propositions simples de l'Arithmétique; elles indiquent les solutions de certains problèmes qui, à cause de la forme un peu mystérieuse sous laquelle ils sont présentés, ont d'ordinaire de l'attrait pour les jeunes esprits et peuvent ainsi être proposés, comme exercices et comme distraction, à ceux que l'Arithmétique ne laisse pas indifférents.

Le premier de ces problèmes consiste à retrouver un ou plusieurs chiffres effacés dans un nombre inconnu. On a assez rarement traité cette question et il y a là une manière de présenter des applications de la divisibilité qui peuvent intéresser, et parfois même surprendre, des personnes peu versées dans les propriétés des nombres.

L'auteur s'est occupé en second lieu du problème qui permet de prévoir le résultat d'une suite d'opérations déterminées sur des nombres inconnus, puis de celui qui consiste à deviner un ou plusieurs nombres pensés.

Enfin, on a indiqué, pour terminer, un certain nombre de récréations faites avec des dés, des dominos ou des cartes, en choisissant celles qui sont à la fois simples à exécuter et faciles à expliquer.

L'ouvrage même est précédé d'un rappel des démonstrations relatives à la divisibilité, dont il est fait usage fréquemment dans la suite.

M. Delens a fait de nombreux emprunts à des ouvrages plus étendus, comme les *Récréations mathématiques* de Lucas, Fourrey ou Rouse Ball, ou les *Exercice d'Arithmétique* de Fitz-Patrick, auxquels on pourra se reporter si on désire avoir des renseignements complémentaires sur ces diverses questions.

Taylor (F. W.) et **Thompson** (S. E.), *Membres de la Société américaine des Ingénieurs civils.* — **Pratique de la construction en béton et mortier de ciment armé ou non armé, avec établissement rationnel des prix de revient.** — *Traduit et adapté par* M. Darras. — *1 vol. in-8° de XVIII-720 p. avec 141 fig. (Prix : 27 fr. 50). Dunod et Pinat, éditeurs, Paris,* 1914.

Sous ce titre un peu long, mais qu'il aurait peut-être été difficile d'abréger, M. Darras, directeur de la *Revue générale de la Construction*, offre au public français l'adaptation de deux ouvrages importants, dus aux éminents ingénieurs américains Frederick Taylor et Sandford Thompson, ouvrages intitulés : l'un « *Concrete, plain and reinforced* » (le béton homogène et armé), l'autre « *Concrete costs* » (les prix de revient du béton). Le volume est divisé en 16 chapitres dont la plupart ont pour principal objet de fournir des renseignements pratiques sur l'emploi du béton. La partie vraiment originale est celle qui constitue le chapitre II (détermination du prix de la main-d'œuvre) et le chapitre III (organisation scientifique des chantiers). On trouve là une exposition détaillée des idées aujourd'hui célèbres sous le nom de *méthode Taylor*. Des exemples d'application sont fournis dans les chapitres suivants. C'est ainsi qu'au chapitre IV on apprend à calculer le temps et le prix de la manutention au malaxeur; au chapitre VI, le temps de chargement et de roulage; au chapitre XV, le temps et le prix de pose des armatures, etc.

Comme le fait remarquer M. Darras, on possède par là le moyen d'arriver à des prix de revient établis sur des chiffres indiscutables, et les entrepreneurs pourront dès lors faire leurs soumissions en pleine connaissance de cause. De plus, ces chiffres serviront de base précise dans les pourparlers entre patrons et ouvriers. Ils n'ont pu être établis que par des chronométrages longs et coûteux : les industriels et les travailleurs français auront grand profit à les utiliser.

L. Lecornu,
Membre de l'Institut,
Inspecteur général des Mines.

Relatorio do Observatorio Campos Rodrigues em Lourenço Marques. Ano de 1913. *Vol. V. — 1 vol. in-4° de 161 p. Imprensa nacional, Lourenço Marques,* 1914.

En rendant compte des 4 premiers volumes de cette publication[1], nous avons indiqué les principales activités de l'Observatoire de Lourenço Marques. En 1913, les services astronomique et météorologique ont continué à fonctionner comme par le passé, et la plus grande partie du rapport est consacrée au résumé des observations, surtout pendulaires et météorologiques.

A signaler, en particulier, des observations d'ascension droite du bord de la Lune et du cratère Mosting A, entreprises conjointement avec celles de la Mission de délimitation des frontières du pays des Barotse, et surtout la détermination de la différence de longitude entre les observatoires de Johannesburg et de Lourenço Marques, par l'échange télégraphique de signaux horaires; le résultat de cette dernière détermination a été de $18^m\,4^s{,}70$, tandis que la différence des longitudes adoptées est de $18^m\,4^s{,}63$.

2° Sciences physiques

Costanzo (G.), *Professeur*, et **Cortez** (A.), *Assistant à l'Institut technique supérieur de Lisbonne.* — **Guia de Trabalhos praticos de Fisica. Calor.** — *1 vol. in-8° de 124 p. avec 46 fig. (Prix : 3 fr.). Institut technique supérieur, 79, rua da Boa Vista, Lisbonne,* 1915.

Ce petit guide de travaux pratiques de Physique, qui se rapporte à la chaleur, fait suite à un autre fascicule des mêmes auteurs, paru il y a deux ans, et consacré à la mesure des masses et à la balance. On y trouve l'indication d'un certain nombre d'exercices se rapportant à la thermométrie (à mercure et à gaz), à la calorimétrie (détermination des chaleurs spécifiques, latentes de fusion et de vaporisation, de combustion), à la dilatométrie des liquides et des solides, à l'hygrométrie et à la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur. Les manipulations et les calculs sont exposés en détail et avec clarté; les appareils et méthodes modernes sont utilisés.

L'apparition de tels ouvrages est significative. Pendant longtemps, les pays de langue espagnole et portugaise ont fait usage exclusivement, dans l'enseignement, de livres étrangers traduits dans la langue du pays ou lus quelquefois dans la langue originale; puis petit à petit ont été publiés des ouvrages indigènes, dont le nombre et la spécialisation vont se multipliant. On peut le regretter à certains points de vue; mais c'est aussi un indice des progrès de l'enseignement scientifique dans des pays autrefois très en retard dans ce domaine.

André (G.), *Professeur à l'Institut National Agronomique de Paris.* — **Chimie agricole et végétale.** *2e édition. — 1 vol. in-18 de 576 p. de l'Encyclopédie agricole. (Prix cart. : 5 fr.). J. Baillière et fils, éditeurs, Paris,* 1914.

Cette nouvelle édition contient de nombreuses additions, et des modifications, surtout dans l'exposé des

1. *Revue gén. des Sc.* du 15 avril 1914, p. 407.

questions concernant la respiration et la fonction chlorophyllienne. Si chaque nom d'auteur cité dans l'ouvrage correspondait à une courte indication bibliographique, l'étudiant agronome ou le professeur d'agriculture trouveraient là un guide des plus utiles pour approfondir les sujets si nombreux que ne peut qu'effleurer une érudite synthèse. Il s'agit d'ailleurs d'un livre qui embrasse toute la physiologie végétale, c'est-à-dire une science ou les conclusions du moment vieillissent vite. Puisque c'est surtout aux étudiants, plus qu'aux praticiens, que s'adresse cet ouvrage très apprécié, il nous semble qu'il y a une petite lacune dans l'absence de renvois bibliographiques.

Nous souhaitons que la 3e édition, qui viendra nous l'espérons d'ici peu d'années, puisse répondre favorablement à ce desideratum.

Edmond Gain,
Professeur à la Faculté des Sciencesde Nancy,
Directeur de l'Institut Agricole et Colonial.

3° Sciences naturelles

Perrot (E.), *Professeur à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris*, et **Vogt** (E.), *Docteur en Pharmacie.* — **Poisons de flèches et poisons d'épreuve.** *Préface de M.* E. Gley, *Professeur au Collège de France. — Un vol. in-8° de 363 p. (Prix : 15 fr.) Vigot frères, éditeurs, Paris*, 1913.

En ouvrant le livre de MM. Perrot et Vogt sur les poisons de flèches, mon esprit s'est reporté à vingt ans en arrière, à l'époque ou je réunissais des documents pour écrire un ouvrage sur le même sujet.

D'autres occupations m'ont détourné de ce projet, et la lecture du livre actuel, si documenté, si fouillé, me console facilement, en mettant en évidence la somme formidable de travail que comporte une œuvre de ce genre quand on veut la mener à bien.

La civilisation européenne refoule chaque jour les peuples primitifs et substitue rapidement aux arcs et sarbacannes les fusils plus ou moins perfectionnés, aux flèches empoisonnées les balles dum-dum ou autres.

Les poisons d'épreuve disparaissent également, mais trop souvent hélas sont remplacés par l'absinthe et les autres boissons alcooliques.

Les auteurs sont des pharmacologues et ils ont traité leur sujet surtout au point de vue de cette science, « les auteurs n'étant pas physiologistes et s'étant sagement abstenus de faire œuvre physiologique », suivant la judicieuse remarque du professeur Gley. Mais, par contre, puissamment armés sur leur terrain favori, ils ont exposé avec sagacité toutes les connaissances acquises sur la nature des poisons employés, cherchant à établir la composition des mélanges complexes utilisés et enfin la composition chimique exacte des produits actifs.

De tout temps, la fabrication des poisons de flèches et plus encore des poisons d'épreuve a été entourée d'un profond mystère ; pour masquer l'identité du principe actif, prêtres, sorciers et devins ajoutaient une série d'ingrédients plus ou moins étranges, mais qui compliquaient les préparations.

Les documents recueillis par les explorateurs sont trop souvent profondément erronés, soit que les indigènes aient cherché à induire en erreur l'Européen trop curieux, soit même que cet Européen ait cru, pour corser son récit, devoir ajouter aux descriptions indigènes des inventions tirées de son imagination.

Les poisons de flèches ont des origines multiples. On peut néanmoins établir une classification d'après l'agent le plus actif utilisé. On trouve ainsi : 1° les anémones; 2° les aconits; 3° les curares; 4° les ipohs; 5° les poisons cadavériques et produits de putréfaction; 6° les venins animaux ; 7° les microbes et leurs toxines.

Un chapitre des plus intéressants est consacré aux poisons d'épreuve. Nous ne nous doutons certainement pas qu'en 1912, dans notre colonie de la Casamance, l'administrateur Maclaud estimait le nombre des victimes du tali à plus de 2.000. Or le tali n'est autre qu'un poison d'épreuve ayant pour agent actif le suc de l'*Erythrophlæum*. L'épreuve n'est d'ailleurs pas volontaire et l'Administration française doit faire les plus grands efforts pour empêcher les Balantes de se livrer aux sorciers dispensateurs de l'« eau rouge ». L'érythrophléine est un alcaloïde ayant une action intense sur le cœur.

C'est l'étude des flèches empoisonnées des indigènes de la Haute Sangha qui a permis de reconnaître les propriétés toxiques du *Strophantus* et d'en déduire les propriétés thérapeutiques si précieuses, puisque aujourd'hui les préparations de *Strophantus* constituent un succédané remarquable de la digitale dans les affections cardiaques.

Il était naturel que, dans l'étude des poisons d'Amérique, le curare occupe la place prépondérante. Ce poison si étrange est encore resté mystérieux, et MM. Perrot et Vogt insistent sur un point essentiel : jamais les éléments qui entrent dans la composition du curare n'ont pu être étudiés à l'état frais, et si les Strychnées paraissent constituer l'agent actif et spécifique, on peut se demander si la substance en question existe préformée dans les Strychnées américaines ou si elle se forme au cours des manipulations. Les curarines de Boehm, aux propriétés nettement curarisantes, dérivent-elles des curines inactives? Et peut-on entrevoir la fabrication industrielle d'une curarine?

En lisant l'ouvrage de MM. Perrot et Vogt, on se rend compte de l'intérêt que présente cette histoire des poisons de flèches ou d'épreuve. La chimie peut, utilisant l'instinct ou l'empirisme des peuples en voie de disparition, trouver d'utiles directions pour réaliser des acquisitions utiles au point de vue thérapeutique.

J.-P. Langlois,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine
de Paris.

Spallanzani (Lazzaro). — **Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione dei signori di Needam e Buffon.** — *Préface de* M. Gino Dé Rossi. — *1 vol. in-8° de 144 p. avec 1 pl. et 12 fig. T. II de la collection :* Classici delle Scienze e della Filosofia. (*Prix : 3 fr.*). *Societa tipografico-editrice barese, Bari*, 1914.

Morgagni (G. B.). — **Carteggio inedito con Giovanni Bianchi.** *Introduction et notes de* M. G. Bilancioni. — *1 vol. in-8° de 276 p. avec 1 pl. T. III de la collection :* Classici delle Scienze e della Filosofia. (*Prix : 3 fr.*). *Societa tipografico-editrice barese, Bari*, 1914.

Nous avons déjà signalé aux lecteurs de la *Revue*[1] l'apparition du premier volume de cette nouvelle collection, destinée à mettre à la portée du public, à un prix minime, les œuvres originales des principaux savants italiens.

Le second volume reproduit les célèbres « Essais » de Spallanzani, qui ont fait époque dans l'évolution de la Biologie. La génération spontanée, déjà niée par Redi pour les insectes, est réfutée par Spallanzani pour les animalcules des infusions, lequel donne en même temps les premières méthodes pratiques pour l'étude des microorganismes.

Le troisième volume renferme une série de lettres inédites de Morgagni, grand anatomiste et clinicien, l'un des fondateurs de la Pathologie scientifique moderne et en particulier de l'Anatomie pathologique, à Giovanni Bianchi, naturaliste et médecin, plus connu sous le pseudonyme académique de Jano Planco; ces lettres, qui s'étendent sur une période de plus de 50 ans (1720-1771), traitent de la plupart des questions scientifiques débattues à cette époque et constituent des documents des plus intéressants pour l'histoire de la pensée et de la culture italienne au XVIIIe siècle.

1. *Revue gén. des Sciences* du 30 mai 1914, t. XXV, p. 529.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 15 Mars 1915

SCIENCES PHYSIQUES. — **M. A. Le Bel** : *Sur le rayon catathermique.* Tissot a supposé que la chaleur perdue par les étoiles se transforme dans les espaces célestes en un rayon d'une espèce nouvelle, susceptible de revenir vers ces étoiles et de leur restituer l'énergie qu'elles ont perdue sous forme de lumière et de chaleur rayonnées. L'auteur a mis en évidence l'existence d'un rayon de ce genre, qu'il nomme rayon catathermique; en organisant un flux de chaleur centrifuge dans une feuille de nickel enroulée ou dans une masse de sable, il a pu constater un apport d'énergie sur un détecteur placé au centre et constitué par deux couples thermo-électriques en opposition, mais de nature identique, dont l'un est protégé contre le rayon catathermique de retour par un chapeau de platine isolé. Dans ce cas, le rayon catathermique paraît centripète; mais d'autres expériences montrent qu'il est capable d'agir dans toutes les directions. De l'existence de ce rayon résulteraient d'importantes conséquences pour la Physique cosmique. — **M. A. Leduc** : *Rapport γ des deux chaleurs spécifiques principales des mélanges de gaz. Applications.* Le rapport des chaleurs spécifiques γ d'un mélange de deux gaz dont les rapports des chaleurs spécifiques sont γ_1 et γ_2 est donné par la formule :

$$\frac{k}{\gamma-1} = \frac{k_1 r_1}{\gamma_1-1} + \frac{k_2 r_2}{\gamma_2-1},$$

où r_1 et r_2 sont les richesses du mélange dans les deux gaz et k, k_1 et k_2 sont donnés par la formule de la théorie des gaz $k = (\beta T^2)(1 + n p_2)/p$. Pour un mélange à volumes égaux d'azote et de gaz carbonique à 0° et sous 760 mm., le calcul par la formule ci-dessus donne $\gamma = 1,355$. Le calcul fait en considérant les deux gaz comme parfaits ($k_1 = k_2 = k = 1$) donne la valeur à peine différente $\gamma' = 1,356$, tandis que la simple règle des moyennes donne $\gamma'' = 1,361$. Il importe donc de ne pas confondre γ avec γ'', mais on peut le confondre avec γ' et, en tout cas, calculer k par la règle des moyennes. — **M. L. Bloch** : *Sur l'absorption des gaz par résonance.* L'auteur retrouve par la théorie électromagnétique la formule établie par Lamb pour le rapport de dissipation d'une molécule vibrante. Il a recherché ensuite si la résonance de la vapeur de sodium, découverte par Wood, peut s'expliquer par la théorie électromagnétique. Les données de Wood et de Dunoyer permettent de conclure que l'émission par résonance est largement suffisante pour rendre compte des effets de réflexion diffus observés au centre des raies D. Par contre, la largeur des raies D, même lorsqu'il s'agit des raies de résonance, ne s'explique pas seulement par l'amortissement dû au rayonnement; il faut faire intervenir ici, suivant les idées de lord Rayleigh, l'élargissement corrélatif de l'effet Doppler. — **M. A. Portevin** : *L'anisotropie mécanique des métaux et alliages à gros grains et l'essai à la bille.* L'auteur montre qu'en effectuant des essais à la bille sur un seul grain de métal ou d'alliage suffisamment gros, on obtient une empreinte qui, en raison de l'anisotropie mécanique du grain, est loin d'être circulaire; elle affecte en général la forme d'un carré aux angles arrondis avec deux petits diamètres perpendiculaires égaux et deux autres grands diamètres bissecteurs égaux. En effectuant les essais sur les métaux ou alliages à gros grains d'orientation quelconque, de manière que plusieurs grains soient déformés, on obtient des empreintes extrêmement irrégulières ne permettant aucune mesure précise.

2° SCIENCES NATURELLES. — **M. M. Piettre** : *Sur l'alimentation des armées en campagne* (voir p. 199). — **MM. P. Carnot et B. Weill-Hallé** : *De la dissémination du bacille typhique autour des malades atteints de fièvre typhoïde.* Les auteurs ont constaté l'existence de trois catégories de bacillifères : 1° les *bacillifères infectés*, qui, même longtemps après guérison de leur fièvre typhoïde, éliminent encore des bacilles, et continuent d'être contagieux, bien qu'immunisés par leur infection même; 2° les *bacillifères vaccinés*, ayant ensemencé leur tube digestif au contact des premiers, mais qui, protégés par leur immunisation vaccinale, confient le germe contagieux dans une sorte de saprophytisme intestinal; 3° les *bacillifères sains*, sans immunisation morbide ou vaccinale, au sujet desquels on peut se demander si la présence de bacilles typhiques dans l'intestin réalise un stade de préinfection latente et les met en imminence d'infection à la moindre défaillance, ou si elle n'aboutit pas à une sorte d'immunité par entéro-vaccination. De ces constatations découlent : 1° la nécessité de l'isolement prolongé des typhiques, aussi longtemps qu'ils restent bacillifères, et l'urgence, dans les circonstances actuelles, de la création de dépôts spéciaux de convalescents typhiques soumis au contrôle bactériologique; 2° la nécessité d'une désinfection rigoureuse des locaux et objets contaminés et surtout, peut-être, des mains du personnel soignant; 3° la nécessité de l'isolement relatif, de la non-dispersion et de l'hypervaccination du personnel, si souvent bacillifère, affecté aux services des typhiques. — **M. G. Arnaud** : *Sur les racines des betteraves gommeuses.* L'agent de la dégénérescence gommeuse, observée sur des betteraves conservées en silos, est une bactérie qui, de l'extérieur vers l'intérieur, s'insinue dans les espaces intercellulaires en même temps qu'elle détruit les cellules voisines. Elle est du genre *Bacterium*, assez voisine morphologiquement du *B. Mori*; elle se désarticule facilement en éléments de longueur variable. La dégénérescence gommeuse ne paraît se produire que chez les betteraves déjà altérées par le froid. — **M. F. de Montessus de Ballore** : *Influence sismogénique des failles parallèles étagées de la rainure érythréenne et de celles de la vallée du Rhin.* L'auteur démontre nettement l'influence sismogénique des failles parallèles étagées pour les rainures d'effondrement, tant érythréenne que rhénane, respectivement considérées de l'Orontès à la mer Rouge et de Mayence à Bâle. — **M. Pereira de Sousa** : *Sur les macrosismes de 1911, 1912, 1913, 1914, dans le nord du Portugal.* Les macrosismes du nord du Portugal (Minho) (1911 à 1914) semblent être d'origine épirogénique; leur maximum d'intensité s'est manifesté le long de la ligne sismo-tectonique Paços de Ferreira-Vila Nova de Famalicão-Barcellos-Caminha, leur maximum d'extension suivant la ligne sismo-tectonique Vila do Conde-Malta-Gondomar.

Séance du 22 Mars 1915

1° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. Em. Saillard** : *Dosage du saccharose dans les betteraves ayant subi le gel et le dégel.* Des betteraves ayant subi le gel et le dégel dégageaient une odeur d'alcool et laissaient échapper, en plusieurs points de leur surface, des gaz et un liquide gommeux. Les jus étaient jusqu'à dix fois plus acides que chez les betteraves ordinaires. L'analyse du saccharose par la méthode d'inversion par la sucrase montre qu'une grande partie du sucre primitif a disparu par fermentation visqueuse. Par contre, on trouve dans la betterave une forte proportion de sucres réducteurs fermentescibles. Ces racines, à partir d'un certain degré d'altération, conviennent donc mieux à la fabrication de l'alcool qu'à celle du sucre.

2° SCIENCES NATURELLES. — **M. H. Vincent** : *Sur la vaccination expérimentale contre le vibrion du choléra par le vaccin stérilisé par l'éther.* L'auteur a constaté que le vibrion du choléra est tué avec une extrême rapidité par l'éther. Les cobayes ayant reçu, à cinq ou

six jours d'intervalle, deux ou trois injections de ces cultures mortes, sont complètement immunisés contre le choléra. L'éther soustrait aux corps bactériens les substances lipoïdes inutiles pour la production de l'immunité et diminue, par suite, la toxicité du vaccin anticholérique. La méthode de stérilisation par l'éther se comporte comme une méthode générale de préparation des vaccins, qui conserve aux microbes tués les propriétés immunigènes des microbes vivants, sans en offrir les dangers. — M. **Ch. J. Gravier** : *Sur quelques traits de la biologie des Coraux des grandes profondeurs sous-marines.* Les Coraux des grandes profondeurs, qui habitent des régions où la température s'élève peu au-dessus de 0° C., vivent dans toutes les mers. C'est sur des fonds peu consistants qu'ils grandissent le plus souvent; souvent ils se libèrent de leur support. La coloration des parties vivantes est fréquemment d'un brun rougeâtre foncé ou même complètement noire. Ils se nourrissent sans doute de la pluie de cadavres et de débris de toutes sortes tombant continuellement des couches d'eau qui les surmontent. La très grande majorité des Coraux de grandes profondeurs est constituée par des formes solitaires, dont le calice prend parfois des dimensions considérables. On rencontre aussi de curieuses associations d'espèces. — M. **Pavillard** : *Accroissement et scissiparité chez les Péridiniens.* Il n'existe pas d'accroissement secondaire authentique chez les Péridiniens symétriques; la formation de zones intercalaires est une préparation morphologique à la division cellulaire. Le schéma de cette division, proposé par Schütt, n'est exact que dans sa première partie. Les valves complémentaires des cellules filles s'établissent d'emblée dans leur situation et avec leurs dimensions définitives à la lisière de la valve maternelle proprement dite. La bande intercalaire n'est pas une zone de glissement, mais un écran protecteur transitoire, éliminé à l'issue de la division. La physionomie générale du phénomène offre une analogie curieuse avec l'auxosporulation des Diatomées. — MM. **M. Lugeon** et **G. Henny** : *La limite alpinodinarique dans les environs du massif de l'Adamello.* Les auteurs rejettent l'hypothèse de la faille du Tonale; les schistes du Tonale passent graduellement aux schistes d'Edolo; la limite méridionale de ces derniers est en même temps la limite alpinodinarique. La ligne giudicarienne n'est autre que la continuation de cette limite; à partir du Monte Sabbione vers le Nord, c'est la trace du chevauchement des Alpes sur les Dinarides. La vaste masse tonalitique de l'Adamello traverse aussi bien les sédiments alpins que les dinariques. La montée du magma est postérieure à la naissance des nappes alpines. — M. **J. Basset** : *Les conserves des armées en campagne* (voir p. 199).

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 9 Mars 1915

MM. les Drs **Rémond** et **Minvielle** : *Traitement de la fièvre typhoïde par le sérum de Rodet.* Les auteurs ont traité 25 cas de fièvre typhoïde par la méthode de Rodet : injection hypodermique, du 8e au 12e jour de la maladie, d'un sérum provenant de chevaux immunisés contre le bacille d'Eberth. Tous les malades soignés par cette méthode n'ont présenté aucune des complications habituelles à la fièvre continue. Baignés les premiers jours, ils ont presque tous présenté une diminution de température suffisante, deux à trois jours après la dernière injection, pour que les bains n'aient plus été nécessaires. La température tombe par plateaux successifs au-dessous de 39°, puis au-dessous de 38°. — MM. **J. Parisot** et **P. Simonin** : *Étude sur les gelures consécutives au séjour prolongé dans les tranchées.* Les auteurs ont observé, à côté de cas typiques de gelures des pieds, des cas nombreux de douleurs vives dans les membres inférieurs, sans lésion apparente ou modification d'aspect des téguments, coïncidant avec des troubles de sensibilité (anesthésie) siégeant plus spécialement sur les faces interne et inférieure du gros orteil, sur les faces supérieure et inférieure des autres doigts du pied, sur la plante, le bord externe et le dos du pied, plus rarement au talon, et compliqués quelquefois de troubles trophiques. Ce syndrome d'anesthésie douloureuse n'est dû que secondairement à l'action du froid; le facteur principal est la compression, surtout la compression locale : les zones d'élection sont en effet celles-là même où la pression de la chaussure se fait sentir à son maximum. Le traitement de l'anesthésie douloureuse pure consiste dans le repos absolu du pied, libre de toute gêne, et dans une révulsion légère des téguments (bains chauds à peine sinapisés, frictions alcooliques); le massage, la gymnastique bio-kinétique sont utilisés avec avantage. La prophylaxie de ces accidents doit consister dans le port de chaussures larges, étanches, bien assouplies et non bourrées, le déchaussage à intervalles réguliers, l'augmentation d'habitabilité des tranchées et la relève aussi fréquente que possible des hommes de garde.

Séance du 16 Mars 1915

M. **M. de Fleury** : *24 observations de gelures des extrémités inférieures.* Les troubles observés chez ces malades paraissent attribuables à une névrite périphérique. Celle-ci a pour facteurs principaux : 1° le régime alimentaire trop exclusivement carné, coïncidant avec l'absence presque complète de dépense musculaire; 2° le froid humide, le séjour prolongé des extrémités inférieures dans la boue liquide, et la suppression de toute activité dans ce qu'on a nommé très justement le cœur périphérique; 3° la compression, toujours au même point, par les chaussures, même aisées, alors que les hommes sont contraints de demeurer plusieurs jours et plusieurs nuits sans quitter leurs chaussures; cette dernière cause serait la plus forte. Le traitement prophylactique des gelures résiderait donc dans la relève fréquente des hommes envoyés aux tranchées d'avant, avec changement de régime alimentaire et obligation de se déchausser. — M. **P. Marie** et Mme **A. Bénisty** : *Une forme douloureuse des blessures du nerf median par plaies de guerre.* Les auteurs ont observé, à côté de la paralysie classique du nerf médian, une forme clinique excessivement douloureuse. Dans cette forme, les troubles moteurs sont relégués au second plan; la main présente un aspect aminci; elle est plus chaude que la main saine; elle est surtout le siège de douleurs atroces, exaspérées par la chaleur sèche, diminuées par les enveloppements humides froids. Les douleurs tendent à s'atténuer spontanément au bout de 4 à 5 mois, et la restauration motrice s'effectue complètement en même temps que diminuent les troubles vasomoteurs et trophiques.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 6 Mars 1915

M. **D. E. Paulian** : *Origine anaphylactique des troubles nerveux produits par les vers intestinaux.* L'auteur estime, d'après ses recherches, que les troubles nerveux, l'urticaire qu'on a remarqué parfois, l'éosinophilie et les réactions du sang chez les porteurs de vers, seraient des signes constants d'anaphylaxie; il en conclut, surtout en ce qui concerne les troubles nerveux, qu'ils sont dus à un choc anaphylactique certain produit par les toxines helminthiasiques. Ces toxines ne diffèrent pas, comme composition, de celles des substances albuminoïdes en général, et, par conséquent, elles peuvent produire comme ces dernières les mêmes phénomènes d'anaphylaxie. — M. **L. F. Henneguy** : *Sur la structure des cellules épithéliales des Eolidiens.* La cellule épithéliale des Eolidiens est comparable à un sac rempli d'une substance molle (le cytoplasma) dans laquelle sont immergées des sphères rigides (les vésicules). La cellule acquiert ainsi une certaine rigidité, une turgescence, qui lui permet de résister à la pression des corps durs en contact avec sa surface. C'est, en effet, dans

l'intestin et sur la surface pédieuse de l'animal, là où l'épithélium doit résister à l'action des corps étrangers, que ces cellules ainsi différenciées sont le plus développées et que les vésicules sont les plus grandes. La différenciation des cellules épithéliales des Eolidiens, rapprochée de celle très différente des cellules de l'œsophage des Bryozoaires, et de celles des cellules à tonofibrilles où à cuticule épaisse, montre qu'une même action morphogène peut déterminer une série de structures spéciales variées en rapport avec une seule et même fonction. — MM. **D. Keilin** et **W. R. Thompson** : *Sur le cycle évolutif des Dryinidae, Hyménoptères parasites des Hémiptères homoptères.* Les auteurs ont étudié les différents stades larvaires d'un Dryinidé parasite des Typhlocybes. Le parasite, appliqué contre la paroi interne des premiers segments abdominaux de son hôte, est entouré par un amas cellulaire qui, au premier coup d'œil, fait l'impression d'un kyste phagocytaire, mais qui provient, en réalité, de la prolifération de cellules hypodermiques, dont la basale est nettement visible, sous forme d'une membrane anhyste qui entoure le kyste. Ce dernier intercepte toute communication directe du parasite avec la cavité périviscérale de son hôte, de façon que tous les échanges nutritifs entre le parasite et l'hôte se produisent à travers les parois du kyste. Ce n'est qu'à la fin du développement que la larve, devenant brusquement carnassière, consomme tous les organes de son hôte, qu'elle laisse complètement vide jusqu'à la tête. La formation du tissu du kyste fait des Dryinidés une catégorie tout-à-fait spéciale de parasites animaux. Comme ce tissu, par son rôle, ne peut être comparé qu'à un placenta chez les animaux, ou à une galle chez les végétaux, on peut appeler ce parasitisme *placentaire* ou *gallicole*. — M. **A. Netter** : *Guérison de l'iridochoroïdite suppurée à méningocoques par les injections de sérum antiméningococcique dans le corps vitré.* L'iridochoroïdite suppurée est une complication de la méningite cérébrospinale liée au développement du méningocoque dans les membranes internes de l'œil. Elle aboutit presque fatalement en 4 ou 5 jours à la suppuration et l'atrophie de l'œil avec perte de la vision. La sérothérapie intra-rachidienne n'ayant pas d'influence sur cette complication, par suite du fait que les milieux internes de l'œil sont à peu près complètement indépendants de la circulation générale, M. Netter a eu l'idée de traiter l'iridochoroïdite méningococcique par l'injection intra-oculaire de sérum. Dans les deux cas observés, la guérison s'est produite très rapidement. — M. **E. Roubaud** : *Les Muscides à larves piqueuses et suceuses de sang.* L'auteur étudie trois catégories de larves de Muscides hémophages parasites : chez l'homme (ver des cases), chez les Mammifères à peau nue (larves des Chéromyies), chez les oiseaux (larves de *Phormia sordida*). Chez toutes les larves se retrouve le même mode d'adhésion à l'épiderme par le bord du premier segment post-céphalique fonctionnant comme ventouse, de scarification de la peau par les crochets buccaux, de succion par les mouvements de pompe du pseudo-céphalon invaginé. Quels que soient les hôtes, deux conditions essentielles doivent être réalisées pour rendre possible le parasitisme de la larve de Muscide hémophage : 1° la nudité de l'épiderme chez l'hôte; 2° la sédentarité de l'hôte. Le parasitisme intermittent larvaire représente un stade intermédiaire direct d'évolution vers le parasitisme permanent cuticole. — M. **P. Mazé** : *Oxydation de l'ammoniaque ou nitrification par les végétaux.* L'origine de l'acide nitreux des sucs végétaux réside dans l'oxydation de l'ammoniaque; c'est une nitrification qui s'arrête à l'acide nitreux.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 5 Mars 1915

M. **A. Turpain** : *A propos de l'emploi des rayons X pour la localisation des projectiles.* L'auteur a organisé à Poitiers, avec les ressources de son laboratoire de la Faculté des Sciences, un service de radiographie et de radioscopie qui fonctionne à l'un des hôpitaux militaires et a déjà permis d'examiner plus de 1500 blessés. En ce qui concerne l'usage des écrans renforçateurs destinés à abréger la durée des poses radiographiques, M. Turpain recommande comme bien plus avantageux de poser l'écran sur la plaque radiographique que sous cette plaque, ce qui évite aux rayons X la traversée du verre de la plaque, qui peut contenir quelque substance opaque. La localisation des projectiles par déplacement de l'ampoule et obtention de deux ombres portées du projectile, desquelles on déduit, par relation de similitude, la profondeur du projectile, conduit en pratique à des résultats certains tant que la plaque s'appuie sur des parties indéformables du corps (tête, genou, par exemple); cette méthode est en défaut lorsque la localisation doit être faite dans une partie molle. M. **Béclère** considère comme excellente la pratique recommandée par M. Turpain de placer, sur le trajet des rayons de Rœntgen, l'écran renforçateur *en avant* et non *en arrière* de la plaque photographique. Il n'en emploie pas d'autre. — M. **Daniel Berthelot** : *Sur les relations de l'énergie radiante avec les autres formes d'énergie.* L'auteur développe des considérations qu'il a déjà exposées ici-même sur l'énergie radiante[1], et desquelles il résulte que, des deux facteurs de cette énergie W, le facteur d'intensité est la fréquence vibratoire N, tandis que le facteur de capacité est représenté par l'entropie radiante $H = \int \frac{dW}{N}$, analogue à l'entropie thermique, et qui, comme celle-ci, tend toujours à croître dans les processus radiants irréversibles. L'entropie radiante a les dimensions d'une énergie multipliée par l'inverse d'une fréquence, c'est-à-dire d'une énergie multipliée par un temps : c'est ce qu'on peut appeler une action. L'entropie élémentaire, rapportée à un électron, n'est autre que la constante h de Planck (quantum d'action) et a pour valeur $6{,}5 \times 10^{-27}$ erg-seconde. Les notions précédentes permettent d'obtenir des relations simples entre l'énergie radiante et les autres formes d'énergie : énergie calorifique, énergie électrique, énergie capillaire. Il semble bien que pour toutes les formes d'énergie il existe des relations moléculaires analogues à la loi électrochimique de Faraday, et que l'apparition d'une molécule chimique corresponde toujours, quel que soit le corps, à une même variation du facteur de capacité, que la dissociation ait lieu par l'électricité (électrolyse) ou qu'elle ait lieu par la chaleur (thermolyse) ou la lumière (photolyse). En somme, la loi des *capacités moléculaires équivalentes* des diverses formes d'énergie montre que, dans les conditions d'équilibre réversible entre l'énergie chimique et les autres formes d'énergie, le potentiel chimique (affinité chimique) peut être mesuré par n'importe lequel des potentiels (facteurs d'intensité) des autres formes d'énergie : température, pression, force électromotrice, fréquence vibratoire, etc. Quant à la notion des *quanta*, sur laquelle on a beaucoup discuté dans ces dernières années, en l'envisageant à un point de vue un peu trop spécial (théorie du rayonnement), elle paraît à l'auteur résulter simplement de la structure moléculaire de la matière et de la loi des capacités moléculaires équivalentes. A la notion d'atomes de matière correspondent naturellement non seulement la notion d'élément d'électricité (ou quantum d'électricité, ou électron), mais encore celle d'élément d'action (quantum de Planck), d'élément d'entropie thermique, etc... Ce sont là les véritables unités naturelles des diverses grandeurs physiques. Les changements chimiques se faisant par sauts brusques, il est naturel qu'il en soit de même des changements physiques corrélatifs. — M. **J. Schurr** : *Une application de la loi d'action de masse dans la recherche d'un extrait sec.* Si l'on chauffe du lait à une température sensiblement constante, la variation du poids en fonction du temps est représentée par

1. *Revue gén. des Sciences* du 30 avril 1911, t. XXII, p. 327 et suiv.

une courbe carractéristique. Pendant les 15 premières minutes, les pertes de poids, qui atteignent environ les 2/3 du total, sont proportionnelles aux temps. A partir de ce moment, la masse devient spongieuse, l'évaporation ne se fait plus par une surface plane, mais dans une multitude de petits espaces, de grandeur à peu près invariable, et dont le nombre est proportionnel à la masse du liquide. La vitesse d'évaporation est alors proportionnelle à cette masse, c'est-à-dire que les pertes de poids décroissent en progression géométrique quand les temps croissent en progression arithmétique. La courbe admet une asymptote parallèle à l'axe des temps. Pour calculer l'ordonnée de l'asymptote, qui mesure l'extrait sec, il suffira de peser du lait ayant déjà perdu par évaporation 2/3 de son poids, puis de déterminer les pertes de poids subies deux fois de suite en 4 minutes, par exemple, et enfin d'appliquer une formule connue. Les méthodes ordinaires exigent un chauffage de 8 heures à l'étuve ou au bain-marie.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 26 Février 1915

M. **A. Brochet** : *Sur la réduction catalytique de l'indigo* (voir p. 191). — M. **V. Auger** : *Sur les iodures-soufre.* L'auteur a étudié le composé du soufre et de l'iodure stannique. Ces deux corps s'unissent dans la proportion $SnI^4 + 2S^8$ et le produit formé cristallise d'un mélange de chloroforme et sulfure de carbone, en prismes monocliniques rouges fusibles à 97°. On peut obtenir, avec des quantités variables de soufre, des cristaux mixtes renfermant de 0 à 16 atomes de soufre; au delà de cette proportion, le soufre cristallise à l'état pur parmi les cristaux rouges de $SnI^4.2S^8$. Le bromoiodoforme $HCBrI^2$ fournit, en solution sulfocarbonique, en présence de soufre, le composé $HCBrI^2.3S^8$, le brome jouant ainsi le même rôle que l'iode, en attirant à lui S^8. Il faut un temps assez notable pour que cet arrangement moléculaire se produise, car, si l'on refroidit rapidement une solution concentrée des composants, ils cristallisent à part, et ce n'est qu'au bout de plusieurs jours qu'apparaissent les cristaux du bromo-iodure-soufre. — M. **M. Sommelet** : *Sur la transformation de la benzylamine en aldéhyde benzoïque.* L'auteur a indiqué précédemment que le chlorobenzylate d'hexaméthylènetétramine se décompose au contact de l'eau bouillante avec production d'aldéhyde benzoïque :

$$C^6H^{12}N^4.C^6H^5CH^2Cl \longrightarrow C^6H^5.CHO$$

Il était vraisemblable que cette transformation s'effectuait avec production transitoire de benzylamine et sous l'influence de l'aldéhyde formique susceptible de prendre naissance au cours de l'hydrolyse du chlorobenzylate; des recherches antérieures (*Bull.* (4), t. XIII, p. 1085) confirment cette opinion, car, en chauffant en proportions convenables un mélange de benzylamine, de chlorhydate de benzylamine et d'aldéhyde formique, en présence d'alcool à 80 %, à une température de 105-110°, on donne lieu à la production d'aldéhyde benzoïque qui se forme avec un rendement voisin de 30 % du rendement théorique. L'étude approfondie de cette réaction conduit à reconnaître parmi ses produits, en dehors de l'aldéhyde benzoïque, l'ammoniaque et les trois méthylamines et, à côté de la benzylamine non transformée, ses dérivés mono-et diméthylés. La mise en liberté d'ammoniaque aux dépens de la benzylamine permet d'envisager la formation de l'aldéhyde benzoïque comme résultant d'une déshydrogénation de la benzylamine conduisant tout d'abord à la benzylidène-imine, susceptible de s'hydrolyser elle-même par la suite :

$$C^6H^5.CH^2.NH^2 \longrightarrow C^6H^5.CH = NH \longrightarrow C^6H^5.CHO + NH^3$$

Les méthylamines ne seraient, au moins pour une part, que des produits secondaires de la méthylation de l'ammoniaque ainsi formée sous l'influence de l'aldéhyde formique. Quel serait, dans cette hypothèse, le réactif dont l'action déshydrogénante se porte ainsi sur la benzylamine? C'est probablement la méthylènebenzylamine $CH^2 : N.CH^2.C^6H^5$, qui, présente dès le début de la réaction, provoque au premier moment, en se transformant en méthylbenzylamine, le départ d'hydrogène aux dépens de la benzylamine.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 4 Février 1915

Sciences physiques. — M. **A. Fowler** : *Un nouveau type de séries dans le spectre de bandes associé à l'hélium.* Le spectre de bandes associé à l'hélium, tel qu'il a été décrit par Curtis et Goldstein, renferme des bandes avec des têtes simples et des bandes avec des têtes doubles. Une analyse préliminaire de ce spectre a conduit l'auteur aux conclusions suivantes: 1° Les doublets ne suivent pas la loi ordinaire des spectres de bandes, mais ils peuvent être disposés en deux séries du type jusqu'à présent exclusivement associé aux spectres de lignes, et ils peuvent être représentés par les formules usuelles avec la constante de Rydberg. On a identifié 9 bandes dans la série principale et 4 dans la série secondaire plus faible. 2° Les deux séries peuvent être mises en relation avec les séries principale et diffuse dans le cas des spectres de lignes, mais la relation usuelle entre ces séries n'est pas clairement indiquée et on n'a pas encore trouvé d'équivalent de la série forte. 3° Les séparations des doublets ne s'accordent pas avec celles qui sont associées aux spectres de lignes; elles diminuent en progressant dans la série, mais ne s'évanouissent pas à la limite. On n'a trouvé aucune régularité dans l'arrangement des bandes simples. — M. **R. T. Merton** : *Les spectres du plomb ordinaire et du plomb d'origine radio-active.* L'auteur a mesuré les longueurs d'onde de quelques-unes des principales lignes du spectre du plomb ordinaire et du plomb des résidus de pechblende. On pouvait espérer trouver de faibles différences de longueurs d'onde, plus spécialement dans le cas des lignes qui appartiennent aux séries de doublets ou de triplets, puisque, suivant la théorie de Hicks, un terme lié au poids atomique entre exactement dans les séparations de ces doublets ou triplets. Aucun écart de l'ordre de ceux qu'on peut déduire de la théorie de Hicks n'a été observé. Les spectres juxtaposés ne présentent aucune différence; les mesures des longueurs d'onde de sept lignes importantes chez les deux sortes de plomb concordent à 0,03 unité près. Une comparaison spéciale de la ligne $\lambda = 4058$ avec l'interféromètre montre que les longueurs d'onde de cette ligne chez le plomb ordinaire et le plomb radio-actif sont identiques à 0,003 unité près. — M. **A. O. Rankine** : *La viscosité de la vapeur d'iode.* L'auteur a mesuré la viscosité de la vapeur d'iode à quatre températures différentes, s'étendant de 124° à 247° C. Sa méthode est basée sur la distillation de l'iode d'un récipient dans un autre à travers un tube capillaire étroit dont on peut faire varier la température. L'un des récipients contient de l'iode solide et est porté à 100°; l'autre est immergé dans un mélange réfrigérant, de sorte que l'iode qui a passé le tube à l'état de vapeur surchauffée s'y condense. la masse qui a traversé étant déterminée par pesée du récipient, qui est séparable. Des expériences répétées ont montré que la méthode donne des résultats concordants, qui peuvent être considérés comme exacts à 1/2 % près. L'intervalle de températures étudié n'est pas suffisant pour que les résultats permettent d'éprouver la validité de la formule de Sutherland; toutefois, ils ne sont pas inconciliables avec cette formule. Les valeurs obtenues sont les suivantes :

Température	Viscosité en unités C.G.S. $\times 10^4$
124° C.	1,84
170°	2,04
205°,4	2,20
247°,1	2,40

La constante de Sutherland serait C = 590.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 8 30 AVRIL 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

James Geikie. — En James Geikie, décédé récemment à l'âge de 76 ans, le Royaume Uni a perdu le plus éminent de ses géologues actuels.

Attaché à l'âge de 22 ans au Service géologique écossais, où il resta pendant plus de 20 ans, il explora une grande partie de l'Ecosse pour en dresser la carte des terrains et il acquit une grande habitude des reconnaissances géologiques; il a donné le fruit de sa longue pratique dans un ouvrage intitulé : *Structural and Field Geology*, qui a été traduit en français et adapté par M. Paul Lemoine sous le titre : *Traité pratique de Géologie* (1910).

Au cours de ses explorations, il avait été amené à s'occuper plus particulièrement des formations glaciaires, et c'est dans ce domaine qu'il a publié ses meilleurs travaux. En 1874 paraît son volume *The Great Ice Age*, où il indique les changements climatiques qui caractérisent l'époque glaciaire dans chaque région; d'après lui, cette recherche doit former la base de la détermination de l'âge des dépôts qui contiennent les premières traces de l'homme en Grande-Bretagne. A cette époque, plusieurs autorités les considéraient comme post-glaciaires. J. Geikie montra que les graviers paléolithiques ne sont pas post-glaciaires, mais interglaciaires, et que l'apparition de formes arctiques, tempérées et méridionales correspond à des oscillations du climat.

Son ouvrage *Prehistoric Europe*, publié en 1881, traite en détail des dépôts des cavernes et des rivières qui ont fourni des traces de l'homme et des mammifères pléistocènes; il y renforce son hypothèse que l'homme paléolithique doit dater de la période interglaciaire, sinon en partie de la période préglaciaire. Enfin, dans son dernier volume *Antiquity of man in Europe*, qui date de 1914, et qui peut être regardé comme une nouvelle extension de ses recherches sur la géologie du Pléistocène, il relie ses périodes interglaciaires avec les divers stades de culture de l'homme paléolithique et néolithique.

En 1882, J. Geikie fut appelé à succéder à son frère dans la chaire de Géologie et Minéralogie de l'Université d'Edimbourg. Malgré la fascination qu'exerçaient sur lui les problèmes de la géologie sur le terrain, il se sépara du Service géologique pour se consacrer entièrement à son enseignement. La clarté de son exposition et sa sympathie pour les jeunes attirèrent de nombreux étudiants autour de sa chaire.

Il contribua à la formation de la Société royale de Géographie d'Ecosse et s'intéressa toujours aux questions qui forment la limite entre la Géographie et la Géologie. Partisan convaincu des idées de Suess, il contribua à les répandre dans son pays, en particulier celles qui concernent l'interprétation de la structure des chaînes alpines[1].

§ 2. — Astronomie

Le rayonnement des étoiles. — Dans une communication faite au Congrès de la Société américaine de Physique, tenu à New-York en octobre 1914, M. W. Coblentz a fait une étude comparative des différents radiomicromètres utilisés pour la mesure du rayonnement des étoiles et discuté les résultats de nombreuses mesures[2].

Il n'y a qu'une faible différence dans la sensibilité du couple bismuth-platine et dans celle du couple bismuth-alliage de bismuth et d'antimoine, qui a un pouvoir thermoélectrique supérieur de 50 %. Par l'emploi du calcium métallique M. Coblentz réalise une meilleure constance dans le vide du radiomètre, qui permettra d'utiliser cet appareil pour faire des mesures dans les régions éloignées de tout observatoire sans qu'il soit besoin de se charger d'une pompe à vide toujours coûteuse et encombrante.

Le radiomicromètre utilisé à l'Observatoire de Lick, avec un télescope muni d'un réflecteur de 3 pieds, a permis d'étudier le rayonnement de 112 corps célestes. On a pu ainsi, en particulier, faire des observations sur les bandes brillantes et sombres de Jupiter et de deux de ses satellites, des anneaux de Saturne et d'une nébuleuse planétaire, etc. Les mesures ont été quantitatives

1. Voir *The Scottish Geograph. Magazine*, t. XXXI, n° 4, p. 202.
2. *Physical Review*, décembre 1914.

pour les étoiles dont l'ordre de grandeur est inférieur à 5,3; pour les étoiles dont l'ordre de grandeur restait inférieur à 6,7, on a fait de bonnes observations qualitatives.

Ces mesures et ces observations indiquent d'une façon générale que le rayonnement des étoiles rouges est deux ou trois fois plus grand que celui des étoiles bleues de même grandeur photométrique.

L'étude de la transmission du rayonnement à travers une couche d'eau permet de conclure que la fraction du rayonnement comprise dans la région spectrale sensible à notre œil est, pour les étoiles bleues, deux fois plus grande que pour les jaunes et trois fois plus grande que pour les rouges.

Le couple thermoélectrique s'est révélé comme plus sensible que le bolomètre; et il semble que les plus grands progrès réalisables doivent être cherchés du côté des couples. L'objet principal des recherches de M. Coblentz était de déterminer la sensibilité que devrait avoir l'instrument de mesure pour permettre le tracé des courbes d'énergie spectrale des étoiles. Le radiomicromètre utilisé était associé à un télescope muni d'un miroir de 3 pieds : la sensibilité était telle qu'une bougie placée à 53 milles aurait produit une déviation de 1 millimètre. Cette sensibilité paraît considérable; pour faire des recherches pleinement satisfaisantes sur la répartition de l'énergie dans le spectre des étoiles, il serait toutefois désirable d'avoir un dispositif cent fois plus sensible. En d'autres termes, en supposant que les rayons ne soient pas absorbés par l'atmosphère, l'appareil devrait pouvoir déceler le rayonnement d'une bougie située à une distance de 500 milles. Avec un miroir de 7 pieds, ce résultat s'obtiendrait à condition d'accroître dans le rapport de 1 à 20 la sensibilité du radiomicromètre; une pareille amélioration ne paraît pas impossible à réaliser.

Les mesures faites font connaître l'ordre de grandeur du rayonnement qu'envoie une étoile par centimètre carré de la surface terrestre. Ce rayonnement est si faible qu'il faudrait emmagasiner celui de l'étoile polaire, par exemple, pendant une période de 11 millions d'années pour obtenir l'énergie nécessaire à l'élévation de 1° de la température de 1 gramme d'eau. Si le rayonnement total envoyé par toutes les étoiles sur 1^{cmq} était réuni et conservé, il faudrait encore de 100 à 200 années pour élever de 1° C. la température de 1 gramme d'eau. On sait que les rayons du Soleil qui atteignent la surface terrestre peuvent produire la même action en moins d'une minute.

§ 3. — Chimie physique

Les liquides à point d'ébullition constant qui peuvent être employés pour les bains-marie à température constante. — M. A. Golodetz[1] a recherché quels sont les mélanges de liquides à point d'ébullition constant qui peuvent être employés pour le chauffage à une température constante jusqu'à 125°. Le tableau qu'il a dressé comprend deux classes de liquides : 1° les mélanges en proportions définies de deux ou trois liquides miscibles; 2° les mélanges hétérogènes (en proportions quelconques pourvu qu'il y ait toujours deux phases liquides présentes) de deux liquides non miscibles. Les points d'ébullition donnés sont les températures des vapeurs quand les liquides sont en ébullition.

Eb. en ° C.	Composition du liquide
33	Eau et éther (hétérogène)
36,5-37,5	Alcool (3) et bromure d'éthyle (97)
38	Sulfure de carbone (87) et alcool méthyl. (13)
39-40	Sulfure de carbone (71) et acétate de méthyle (29)
42,5	Sulfure de carbone (91) et alcool (9)
53,5-54,5	Alcool méthyl. (12) et chloroforme (88)
55,5	Alcool méthyl. (20,6) et CCl^4 (79,4)
58	Alcool méthyl. (38,4) et benzène (61,6)
59-59,5	Alcool (6) et chloroforme (94)
62	Alcool méthyl. (47) et acétate d'éthyle (53)
64,8	Benzène (74,1), alcool (18,5) et eau (7,4)
68	Alcool (32,4) et benzène (67,6)
71,5	Alcool (31) et acétate d'éthyle (69)
74,8	CCl^4 (77,15) et alcool (22,85)
79,5	Benzène (90,5) et alcool isobutylique (9,5)
84,5	Eau et toluène (hétérogène)
87,7	Eau (28,3) et alcool propylique (71,7)
91-91,5	Alcool propylique (53) et toluène (47)
92,5	Eau (41) et pyridine (59)
94-94,5	Eau et térébenthine (hétérogène)
95	Eau (7) et chloral (93)
98,5	Eau et éthylaniline (hétérogène)
99	Eau et diéthylaniline (hétérogène)
104	Toluène (70) et acide acétique (30)
113-113,5	Acide acétique (27) et xylène (73)
121-122	Alcool amyl. (30) et dibromure d'éthylène (70)
125-126	Alcool amyl. (52) et *m*-xylène (48).

1. *Chemiker Zeitung*, 1914, t. XXXVIII, p. 1253.

§ 4. — Photographie

La chromophotographie par le procédé Paget color. — La Paget Prize Plate Co, de Watford, a combiné un procédé de photographie en couleurs qui fournit des résultats analogues à ceux des plaques autochromes, mais qui s'en distingue pourtant par de notables différences. Le réseau sélecteur et la couche sensible ne sont point solidaires : ils sont fixés sur des supports distincts, et le négatif noir une fois obtenu sert à tirer des diapositifs noirs qui reconstituent le coloris du sujet lorsqu'on les met en contact avec le réseau coloré sous lequel a été pris le négatif, ou avec un autre réseau qui lui soit exactement superposable.

Le principe de cette méthode avait été prévu par Ducos du Hauron, dans ce passage de son brevet en date du 23 novembre 1868 : « On aura, une fois pour toutes, une pellicule unique ou feuille de mica recouverte, sur un côté, de raies rouges, jaunes et bleues... On se sert alors de cette pellicule comme tamis pour obtenir, sur d'autres surfaces mises en contact avec elle (papier, verre, etc.), des clichés négatifs au bromure d'argent; chacun de ces clichés fournira à son tour des positifs de couleur noire au charbon sur pellicule, verre ou mica, etc.; il ne restera plus qu'à appliquer chacun de ces positifs sur une surface opaque ou transparente recouverte mécaniquement de raies rouges, jaunes et bleues correspondant une à une par leur position aux raies de la pellicule qui a servi au tamisage des rayons de couleurs simples ».

En 1894, John Joly, de Dublin, avait essayé de mettre cette combinaison en pratique, avec un réseau sélecteur constitué par une glace sur laquelle étaient tracées des lignes parallèles, alternativement violettes, vertes et orangées, à raison de huit par millimètre. En impressionnant derrière cette trame une plaque panchromatique, on obtenait un négatif formé de lignes plus ou moins opaques, suivant qu'elles correspondaient à des raies de telle ou telle couleur et à des régions de l'image plus ou moins lumineuses. De ce phototype on tirait, par contact au châssis-presse, un diapositif sur verre. Cette image incolore, appliquée contre le ligné trichrome et exactement repérée, reproduisait les couleurs du modèle. Malheureusement, l'interposition de la trame rectiligne, trop apparente, se traduisait par un aspect choquant : l'image examinée dans de semblables conditions paraissait comme vue à travers les barreaux d'une cage.

Cet inconvénient a été évité, dans le procédé Paget, par l'emploi d'un réseau quadrillé, à la fois très fin et très régulier. Les éléments sélecteurs sont fixés sur une plaque de verre mince, recouverte d'une couche de gélatine. Les carrés rouges et les carrés verts mesurent 0 mm. 080 de côté. Les carrés violets ne mesurent que 0 mm. 064, mais leur nombre est égal au total des carrés

rouges et des carrés verts. A l'œil nu, on ne distingue pas ces couleurs; à peine aperçoit-on un léger quadrillage, comme sur les plus fines trames de photogravure et les teintes en sont assez bien équilibrées pour que l'ensemble paraisse à peu près incolore. Je dis à peu près, parce que j'y remarque une légère dominante bleu-vert, qui d'ailleurs ne nuit pas à l'exactitude des couleurs du diapositif.

Cet écran est placé, dans le châssis négatif, en contact avec une plaque sensible spéciale. Bien que l'émulsion employée ait été orthochromatisée, il est indispensable d'interposer un écran jaune dont la nuance a été choisie de manière à compenser très exactement la différence de sensibilité chromatique qui subsiste entre le bromure d'argent et notre œil.

Pour donner une idée de la durée de pose, nous dirons qu'avec un objectif ouvert à F : 6, 5, on obtient, par très beau temps, d'excellentes images en 1/10e de seconde.

Les deux plaques accolées sont alors séparées : l'écran mosaïque est mis de côté, pour servir à prendre d'autres vues, et la plaque sensible est plongée dans le révélateur. On recommande particulièrement l'emploi du *rodinal*, additionné d'eau de façon à amener à 30 volumes un volume de la solution commerciale concentrée. Dans ce bain, à la température de 16 à 18°, la durée normale du développement est de 2 minutes. On rince ensuite la plaque à l'eau pure, et l'on fixe en bain acide, soit par exemple dans une solution d'hyposulfite de soude à 25% additionnée d'environ 25 cc. de bisulfite de soude par litre de fixateur. Après un lavage d'une vingtaine de minutes, on met à sécher.

L'image ainsi obtenue est un négatif monochrome, finement quadrillé, comme une héliogravure. Si on l'appliquait contre le réseau sélecteur exactement repéré, on y verrait les couleurs complémentaires de celles du sujet : un ciel bleu serait orangé; un bouquet de violettes, jaune; les feuilles, rouges, etc. Mais ce réseau n'est plus d'aucune utilité pour les opérations suivantes.

Les diapositifs sont tirés sur des plaques à émulsion lente. La couche sensible est mise en contact avec le négatif, et les deux plaques, serrées dans le châssis-presse, sont exposées à la lumière. A 30 cm. d'une bougie, la durée de l'exposition est d'environ 15 secondes; à 1 m. d'une lampe électrique à filament de carbone de 16 bougies, elle sera de 5 secondes.

Le révélateur doit donner des images très pures et très vigoureuses, d'un noir neutre. La formule suivante satisfait bien aux conditions requises :

A	Eau	1.000 cc.
	Hydroquinone	12 gr.
	Métabisulfite de potasse	12 gr.
	Bromure de potassium	12 gr.
B	Eau	1.000 cc.
	Potasse caustique pure	24 gr.

Au moment de l'emploi, mélanger volumes égaux des solutions A et B, agiter vivement et commencer aussitôt le développement, qui doit durer à peu près 2 minutes et demie, à la température de 15 ou 16°. Il faut que les grands noirs transparaissent au dos de la plaque et qu'il ne reste nulle part de blancs purs : si ce résultat est atteint avant 2 minutes, c'est un indice de surexposition; si, au contraire, le développement exige plus de 3 minutes, l'exposition a été insuffisante. Dans un cas comme dans l'autre, il vaut mieux recommencer un autre diapositif, en rectifiant la durée de l'impression lumineuse.

Le fixage s'effectue en bain acide, comme celui du négatif.

Après lavage et séchage, le diapositif monochrome est appliqué contre l'écran de vision, dont la structure est identique à celle de l'écran sélecteur, mais avec des couleurs plus saturées. Les éléments colorés étant distribués très régulièrement, on peut réaliser un repérage très précis, et l'image acquiert alors toutes ses couleurs.

Le repérage est assez délicat; il est cependant facilité par les aspects divers de l'image, où l'on voit se succéder de très curieux effets de coloration. Au moment où les deux plaques sont mises en contact, gélatine contre gélatine, on remarque un quadrillage coloré, généralement beaucoup plus gros que celui du réseau. En faisant tourner lentement l'une des surfaces sur l'autre, les carrés de couleurs deviennent ou plus grands ou plus petits. Il faut tourner dans le sens où les carrés grandissent. Un moment vient où ils disparaissent et sont remplacés par des moires, qui s'évanouissent à leur tour. Le quadrillage du diapositif et celui de l'écran se trouvent alors exactement parallèles, et il suffit d'un déplacement de quelques centièmes de millimètre dans le sens convenable pour substituer les couleurs exactes aux couleurs fantaisistes qui apparaissent. Le sens dans lequel doit s'effectuer le déplacement est recherché en inclinant les deux plaques, toujours maintenues au contact, dans diverses directions, jusqu'à ce que les couleurs se montrent exactes et vigoureuses. Pour arriver alors à la position normale, on fait glisser très doucement la plaque supérieure dans la direction qui, lors de la vision correcte, était la plus éloignée des yeux. Quand l'image apparaît avec ses couleurs véritables sous l'incidence normale, on maintient les deux plaques, d'abord provisoirement en les serrant dans deux pinces à ressorts, puis on procède au montage définitif en collant autour des bords une bande de papier noir.

Ce procédé est évidemment trop long et trop compliqué, lorsqu'il s'agit d'obtenir seulement un ou deux diapositifs en couleurs : dans ce cas, les plaques autochromes donnent le même résultat beaucoup plus simplement. Il n'en est plus de même, quand il est nécessaire de reproduire le même sujet à plusieurs exemplaires : la méthode Paget offre alors plusieurs avantages. D'abord, un seul réseau suffit pour tous les négatifs, et les plaques sensibles utilisées à cet effet sont beaucoup moins coûteuses que les plaques à réseau coloré. Chaque cliché permet ensuite de tirer autant de diapositifs qu'il en faut. Si, parmi ces images, il en est qui soient mal venues, par suite d'un vice de fabrication ou d'une erreur de manipulation, la perte qui en résulte est bien minime. Les écrans de vision sont relativement chers, mais on ne les applique que sur les diapositifs sans défaut : aucun n'est gaspillé.

Ernest Coustet.

§ 5. — Biologie

L'identité de l'héliotropisme chez les animaux et les plantes. — Depuis 1888, Loeb a exprimé dans plusieurs mémoires l'idée que l'attraction apparente des animaux par la lumière est en réalité un phénomène d'orientation automatique, comparable ou identique au phénomène bien connu d'orientation héliotropique pour les plantes. Il a montré que les organismes animaux sessiles réagissent à la lumière de la même façon que les plantes sessiles, en s'incurvant ou en s'allongeant vers une source lumineuse (ou en sens opposé), tandis que les animaux locomoteurs se meuvent vers la source (ou à l'opposé) comme le font les spores mobiles de certaines Algues.

La théorie de ces réactions chez les animaux se base sur trois hypothèses :

1° La lumière agit chimiquement sur les éléments photosensitifs de la surface du corps (yeux ou tégument).

2° Les éléments symétriques de la surface sont identiques chimiquement; s'ils sont frappés suivant le même angle par les rayons émanant d'une source lumineuse, la vitesse des réactions photochimiques dans les éléments symétriques est identique; par contre, s'ils sont frappés sous des angles différents, la vitesse de ces réactions varie.

3° La vitesse des réactions photochimiques dans les yeux ou la peau influe (par les nerfs ou d'autres conducteurs protoplasmiques) sur la tension des muscles (ou des autres éléments contractiles) reliés aux éléments photosensitifs. Si les éléments photosensitifs sont frappés par la lumière sous le même angle (dans le cas d'une seule source lumineuse), les muscles symétriques du corps sont influencés de la même façon, et il n'en résulte aucun changement dans la direction du mouvement de l'animal, Par contre, s'ils sont frappés sous des angles différents, les vitesses des réactions chimiques différeront dans les éléments sensitifs, et la tension des muscles symétriques reliés à ces éléments variera ; donc, quand l'animal se meut, il doit tendre à dévier de la ligne droite jusqu'à ce que son axe ou son plan de symétrie passe de nouveau par la source lumineuse. A ce moment, les éléments symétriques de la surface photosensitive sont de nouveau frappés par la lumière sous le même angle et il n'y a plus de raison pour que l'animal dévie de sa direction.

Si cette théorie de l'héliotropisme est correcte, il est nécessaire de montrer que la loi de l'action photochimique se vérifie dans les réactions héliotropiques aussi bien des plantes que des animaux. Cette loi, établie d'abord par Hankel sur un petit intervalle, puis étendue par Bunsen et Roscoe sur un intervalle plus grand d'intensités lumineuses, exprime que, dans certaines limites, l'effet photochimique de la lumière est égal au produit de l'intensité par la durée de l'éclairement. Blaauw[1], puis Fröschl, ont établi indépendamment que les réactions héliotropiques des plantes obéissent à cette loi, autrement dit que le temps nécessaire pour produire la courbure héliotropique des plantes varie en raison inverse de l'intensité de l'éclairement. Puis, l'année dernière, Loeb et Ewald[2] ont montré qu'il en est de même pour la courbure héliotropique d'un animal, celle des polypes de l'*Eudendrium*. La théorie de Loeb reçoit ainsi une confirmation de grande valeur.

Non content de ce premier résultat, l'éminent biologiste américain a voulu accumuler d'autres preuves. Bien que la considération des longueurs d'ondes n'intervienne pas dans sa théorie de l'orientation héliotropique, il lui a semblé intéressant de comparer l'efficacité relative des diverses parties du spectre dans la production des courbures héliotropiques à la fois chez l'*Eudendrium* et chez une plante.

Les mesures les plus exactes sur les plantes sont celles de Blaauw sur les plantules d'*Avena*. Utilisant le spectre de l'arc au carbone, il a montré que la portion la plus active est une région comprise dans le bleu entre 466 et 478$\mu\mu$; dans cette région, une exposition de 4 secondes suffit à provoquer une courbure héliotropique de la moitié des tiges des plantules. Pour les ondes plus longues, une exposition plus prolongée est nécessaire. Les parties jaune et rouge du spectre semblent absolument inactives.

Avec le concours de H. Wasteneys, J. Loeb[3] a entrepris à l'Institut Rockefeller de New-York une série d'expériences analogues sur les polypes nouvellement régénérés de l'*Eudendrium*. Ces animaux sont beaucoup moins sensibles que les plantules d'*Avena*, car il faut au moins 5 minutes pour produire une courbure héliotropique chez la moitié des polypes. Mais les résultats n'en sont pas moins caractéristiques. La région la plus active du spectre se trouve dans le bleu aux environs de 4735 unités Angström; les ondes plus ou moins longues sont de moins en moins actives; les rayons rouges et jaunes sont inefficaces, même après une exposition de 5 h. 1/2.

En résumé, l'efficacité relative des différentes parties du spectre de l'arc au carbone pour la production des courbures héliotropiques chez l'animal *Eudendrium* et dans les plantules d'*Avena* est pratiquement identique. C'est une nouvelle acquisition en faveur de la théorie de Loeb.

La valeur nutritive du bois.— L'épuisement des réserves de matières alimentaires pour les hommes et les animaux a suscité en Allemagne une floraison de recherches et de propositions en vue d'utiliser comme nourriture des substances considérées en général jusqu'à présent comme dépourvues de valeur alimentaire. C'est ainsi que le professeur G. Haberlandt, un botaniste bien connu, a présenté le 11 mars à l'Académie des Sciences de Berlin une communication documentée sur la valeur nutritive du bois.

Nos arbres renferment, en particulier en hiver, des quantités notables de sucre, d'amidon et d'huiles grasses, spécialement dans les cellules parenchymateuses du bois. Cette teneur en substances nutritives diminue notablement au printemps, au moment de la pousse du feuillage ; mais il en reste encore suffisamment dans les branches et les rameaux, et de nouveau en juin elles recommencent à s'accumuler dans les cellules. Ainsi en mars M. Haberlandt a pu déceler dans l'aubier d'un orme de 13 ans une teneur en amidon de 28 °/₀ en volume. D'après des observations antérieures, l'aubier du châtaignier contient à la même époque 21, 5 parties d'hydrates de carbone, principalement de l'amidon, pour 100 parties de bois sec; la teneur en hydrates de carbonne chez cet arbre tombe à un minimum de 19, 9 °/₀ en mai pour remonter à un maximum de 26, 4 °/₀ en octobre. Le bois de cœur est presque totalement dépourvu de ces substances ; aussi, au point de vue de leur utilisation alimentaire, il faudrait considérer de préférence les arbres riches en aubier, comme le bouleau, l'érable, le tremble, etc., et éloigner en tous cas ceux qui contiennent des résines, des tannins ou des substances amères.

Sous quelle forme le bois doit-il être offert pour que les animaux et même l'homme puissent utiliser les matières alimentaires qu'il contient? On sait que dans le canal digestif des animaux domestiques, en particulier des ruminants, la plus grande partie des parois cellulaires végétales, formées de cellulose pure, sont dissoutes et que les sucs digestifs pénètrent facilement le contenu cellulaire. Dans la digestion de l'homme, seules les parois cellulaires très tendres sont dissoutes; les membranes grossières ne sont pas digérées, non plus que leur contenu. Mais ni les animaux ni l'homme ne peuvent dissoudre les parois cellulaires lignifiées; ainsi les chevaux aussi bien que les Bovidés ne peuvent digérer les cellules lignifiées de la paille hachée mélangée au fourrage. Si donc on veut utiliser les substances nutritives des cellules du bois lignifiées, il est nécessaire de moudre le bois assez finement pour que les cellules elles-mêmes soient broyées. Or, dans la sciure ordinaire, ce n'est le cas qu'en petite partie; il faudrait donc triturer le bois plus énergiquement encore et l'amener jusqu'à la forme de poudre. La question de l'utilisation du bois comme aliment dépendrait donc seulement de sa pulvérisation en grande quantité à un état de grande finesse. Il ne s'agirait pas, d'ailleurs, d'employer seule la farine de bois, mais en mélange avec des fourrages pour les animaux, avec la farine de seigle ou de froment pour l'homme.

Nous ne savons quel sort l'avenir réserve à ces suggestions, mais nous doutons que la farine de bois devienne jamais très populaire sur les bords de la Sprée.

1. *Rec. des Travaux botan. néerlandais*, t. V, p. 209 (1909).
2. *Zentralbl für Physiol.*, t. XXVII, p. 1165 (1914)
3. *Proc. of the National Acad. of Sciences*, t. I. p. 44 (janv. 1915).

L'ÉVACUATION DES BLESSÉS[1]

Dans notre premier article, nous avons pris le blessé sur la ligne de feu et nous l'avons conduit jusqu'à l'hôpital d'évacuation. Nous allons maintenant le suivre dans son transport de l'hôpital d'évacuation jusqu'à son hospitalisation définitive.

Exceptionnellement, ce transport a lieu par eau. Un essai a été fait, par l'Union des Femmes de France, de *péniches-ambulances*. Ces péniches, couplées deux par deux avec un bateau cuisine, le tout traîné par un seul remorqueur, peuvent transporter 136 blessés; sur les canaux, les péniches sont découplées et hâlées par des chevaux. L'avantage de ce mode de transport est qu'il se fait sans trépidation et sans heurts, que les soins peuvent y être donnés aux blessés comme dans un hôpital et continués pendant toute la durée du voyage. L'inconvénient est la lenteur du trajet. Pour amener les blessés de Bar-le-Duc à Dijon, le train de péniches-ambulances a mis 15 jours. Comme il faudra le même temps pour le ramener à son point de départ, chaque train de péniches ne pourra effectuer qu'un voyage par mois. Un rendement aussi minime empêche l'extension de ce mode de transport, malgré les avantages qu'il présente à certains points de vue.

Un autre mode d'évacuation par eau est le transport par mer sur des *bateaux de grand tonnage*. Il est constamment utilisé par les Anglais à Boulogne; il a été employé par les Français pour transporter de Dunkerque à Cherbourg un nombre considérable de blessés au moment des grands combats qui ont eu lieu sur les bords de l'Yser. Il est certain que les bateaux-ambulances anglais et les français tels que le *Duguay-Trouin*, avec leurs salles de pansements et d'opération, le chauffage, l'éclairage électrique, la radiographie, etc., sont très bien aménagés, ainsi que nous avons pu le constater. En quatre heures ils peuvent charger de 900 à 1.200 blessés. Le rendement est donc ici considérable et le transport est rapide. Mais c'est un mode d'évacuation qui n'est applicable qu'à un petit nombre de villes possédant un port important.

Aussi le mode d'évacuation couramment utilisé est-il celui qui emploie la *voie ferrée*. C'est celui que nous allons exposer avec quelques détails. Il a, au début de la guerre actuelle, été l'occasion de critiques quelquefois très vives. On a vu des blessés transportés d'un bout à l'autre de la France dans des wagons à bestiaux non désinfectés, sur de la paille infecte; on a vu des trains errant de gare en gare, à la recherche d'une ville en mesure d'hospitaliser les blessés.

Fig. 1. — *Schéma du dispositif d'évacuation des blessés depuis la gare d'évacuation jusqu'à l'hospitalisation définitive.*

La situation s'est beaucoup améliorée et l'on peut dire que, depuis plusieurs mois, les évacuations se font d'une manière régulière.

Des trains spéciaux de ramassage quotidien passent à chaque *gare d'évacuation*, y embarquent les blessés et les ramènent à une heure à peu près fixe à la gare de groupement ou *gare régulatrice*. Celle-ci dirige les blessés qu'elle reçoit sur les régions du territoire qui leur sont affectées et suivant les disponibilités de ces régions, les directeurs régionaux télégraphiant chaque jour au chef de la gare régulatrice le nombre de leurs lits vacants, tout en conservant une réserve de 500 lits pour l'imprévu.

A l'entrée de chaque région d'hospitalisation le train arrive dans une *gare* dite *de répartition*, d'où les blessés sont répartis entre les divers points d'hospitalisation, soit par trains spéciaux,

1. Voir dans la *Revue gén. des Sciences*, n° du 30 mars, notre article sur : *Les premiers soins à donner aux blessés*.

soit simplement en accrochant des wagons de blessés à des trains de voyageurs.

Au cours du trajet, quelquefois long, qu'ils ont à parcourir, trajet qui peut aller d'un bout à l'autre de la France, les blessés sont ravitaillés par des *infirmeries de gare*, que l'on trouve en général toutes les 6 heures, et, entre ces dernières, par de petits endroits de ravitaillement alimentaire, *postes de secours*.

Fig. 2. — *Vue de l'intérieur de l'hôpital d'évacuation d'Amiens*

La *gare d'évacuation* comporte une formation hospitalière, dite *hôpital d'évacuation*. Les blessés qui y arrivent, apportés par voitures auto ou hippomobiles, y sont l'objet d'un premier triage; ceux qui n'ont que des lésions insignifiantes sont placés dans un dépôt d'éclopés; les intransportables sont immédiatement dirigés sur une formation hospitalière voisine où ils reçoivent les soins nécessaires; les blessés évacuables sont chargés dans des trains sanitaires. En attendant le départ de ces trains, les blessés y sont pansés s'il y a lieu et alimentés; ils s'y reposent sur des banquettes, ou même sont couchés sur de la paille, sur des paillasses, sur des brancards, quelquefois sur des lits, c'est dire que l'hôpital d'évacuation comporte toute une installation, soit dans des baraques, telles que les baraques Bessonnaud en bois que possède le Service de Santé, soit dans des locaux existants, lorsqu'il s'en trouve dans la gare pouvant se prêter à cet usage. Comme type de cette dernière disposition, nous pouvons citer l'hôpital d'évacuation installé dans l'atelier de vernissage de la gare d'Amiens et qui nous a paru un des mieux aménagés (fig. 2, 3, 4 [1]).

Le grand hall constituant cet atelier a un sol bitumé; il est chauffé par un calorifère central placé en sous-sol et est éclairé par deux lampes à arc et 40 ampoules électriques. De simples traverses légères en bois tendues de toile blanche ont permis de le cloisonner, une partie du hall étant conservée par la Compagnie du Nord, le reste constituant l'hôpital. A l'entrée se trouve une salle de triage et d'examen, une salle d'isolement et une salle de pansements, à droite des pièces pour les officiers, pour le médecin de garde et une salle de débarras, à gauche une deuxième salle de pansements, le bureau du médecin chef, celui de l'officier gestionnaire, la pharmacie, des water-closet de nuit, une salle avec 3 baignoires et des lavabos. Dans le grand espace central se trouvent à droite une table de 100 couverts, une table de correspondance, une

1. Nous sommes redevable des figures 2 et 4 à M. le Dr Costes, médecin en chef de l'hôpital d'évacuation d'Amiens, de la fig. 5, à M. le Dr Ferratin.

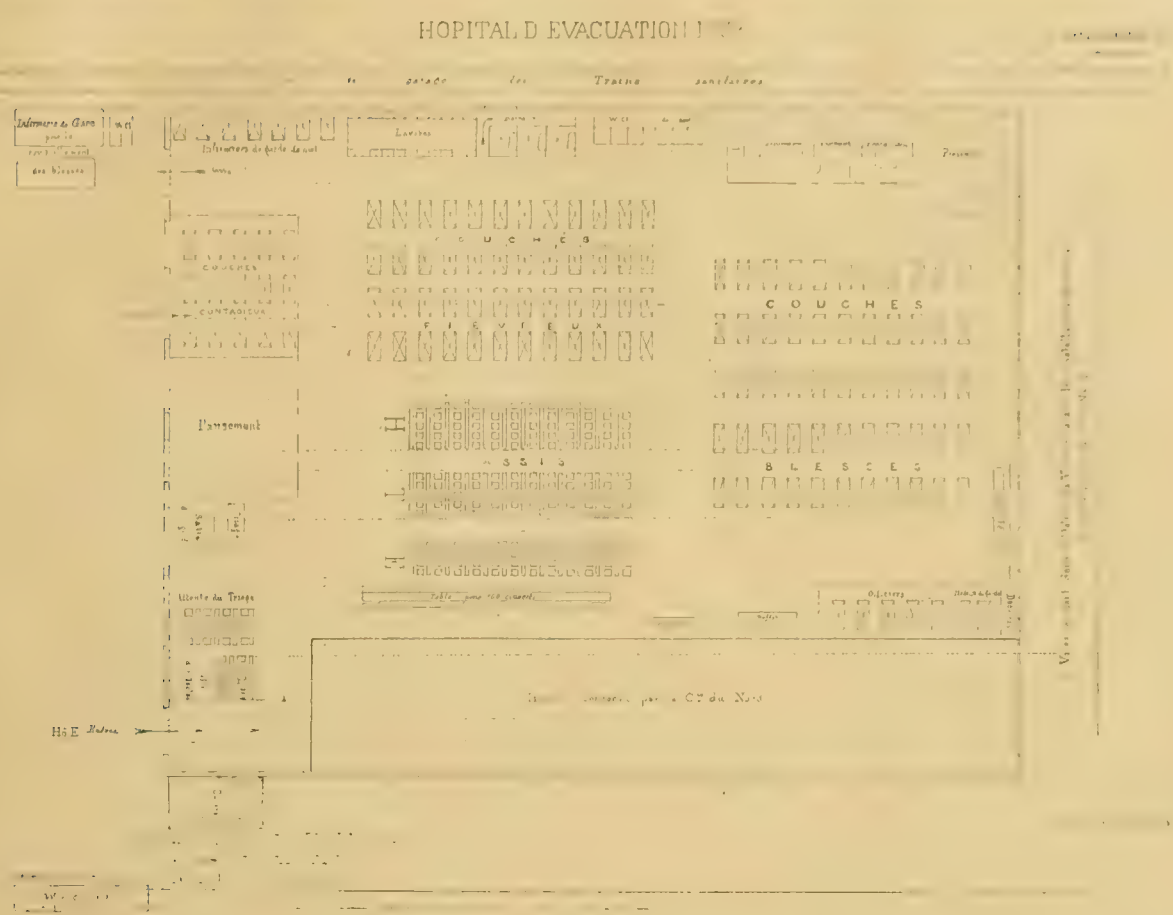


Fig. 3. — *Plan de l'hôpital d'évacuation d'Amiens.*

Fig. 4. — *Salle de pansements de l'hôpital d'évacuation d'Amiens.*

lingerie; au centre 300 sièges et 200 lits. Les sièges sont eux-mêmes divisés en trois groupes : éclopés, blessés pouvant être évacués sur le territoire, blessés inévacuables devant être transportés dans les hôpitaux de la ville ; les lits sont de même divisés en trois groupes, blessés, fiévreux et isolés. En dehors du hall se trouvent la cuisine, un dépôt mortuaire, une étuve à désinfection, un dépôt de matériel pour les brancardiers.

Nous devons dire qu'il est rare de trouver une organisation aussi parfaite.

La *gare régulatrice* se trouve à une distance variable du centre des opérations. Pendant toute la première partie de la guerre actuelle, elle se trouvait au même endroit que la régulatrice militaire, assez loin par conséquent de la ligne de feu, à 100, 120 et même 150 kilomètres en arrière; c'est ainsi qu'on voyait aux environs de Paris plusieurs gares régulatrices correspondant à plusieurs armées. Pratiquement cette situation de la gare régulatrice sanitaire loin de la ligne de feu présentait des inconvénients. La régulatrice militaire, centre de ravitaillement, a avantage à se trouver souvent à la limite de la zone des armées, près de la zone du territoire où se trouvent les approvisionnements. Il n'en est pas de même de la régulatrice sanitaire qui a, au contraire, avantage à se trouver franchement dans la zone des armées, plus près de la ligne de feu d'où lui arrivent les blessés.

Aussi la Commission supérieure consultative du Service de Santé a-t-elle demandé que la régulatrice sanitaire soit, au moins dans un certain nombre de cas, séparée de la régulatrice militaire, qu'elle soit plus rapprochée de l'avant, toutes les fois que l'on trouvera dans cette zone des gares possédant plusieurs voies de garage et des lignes d'accès pouvant suffire aux mouvements des trains sanitaires. On améliore ainsi la situation des blessés et l'on décongestionne la régulatrice militaire encombrée par la réunion de services multiples. Cette réforme très simple est actuellement réalisée.

Comme les gares d'évacuation, les régulatrices sanitaires sont pourvues d'un hôpital d'évacuation dont l'importance doit même être plus grande que celle des hôpitaux d'évacuation ordinaires.

* * *

Le service des *trains sanitaires*, qui a laissé à désirer au début de la guerre, s'est beaucoup amélioré, tant au point de vue du nombre des trains qu'à celui de leur composition. Lorsque les hostilités ont commencé, on ne possédait pour l'évacuation des blessés que deux types de trains : les trains permanents et les trains improvisés.

Les *trains permanents*, véritables hôpitaux roulants, réunissent les conditions les meilleures au point de vue du confort des blessés et de leur surveillance. Ils sont à intercirculation totale et sont pourvus d'un grand wagon-cuisine. Les blessés, qui y sont couchés dans des lits complets avec draps, sont superposés deux par deux seulement; la suspension est particulièrement douce, grâce à des ressorts spéciaux, disposés non seulement sous chaque wagon, mais sous chacun des lits; ce sont des trains réellement très confortables; malheureusement il n'en existe que 5 et leur rendement au point de vue du nombre des places (150 à 200) est par trop minime. On les montre aux grands personnages, mais on ne s'en sert pas beaucoup; aussi sont-ils dénommés, un peu ironiquement, trains d'exposition.

Les *trains improvisés*, formés de wagons de marchandises aménagés extemporanément, ont assuré au moment des grandes batailles de septembre la presque totalité des évacuations. Les blessés s'y trouvent dans des conditions défectueuses (absence d'éclairage, mauvaise suspension, freinage à main qui entraîne des heurts, impossibilité de circuler d'un wagon à l'autre pendant la marche du train, etc.).

Aujourd'hui la situation est changée; 218 trains sont préparés, pouvant transporter 93.000 blessés ou malades; 52 de ces trains seulement correspondent à ce qu'on appelle des trains improvisés, 60 sont à intercirculation totale, 96 à intercirculation partielle.

Les *trains dits improvisés* ont été eux-mêmes améliorés; au lieu d'être constitués seulement par des wagons de marchandises garnis de paille ou pourvus d'appareils de suspension, du type Ameline-Bréchot, ils sont formés en partie de wagons de marchandises aménagés pour malades couchés et en partie de wagons de voyageurs pour blessés assis, ce qui permet d'augmenter le nombre des places dans chaque train.

Les *trains à intercirculation totale* sont de deux types; les uns sont formés de wagons de voyageurs dont l'aménagement intérieur a été enlevé et où sont installés des appareils à suspension pour brancards, les autres de grands fourgons de trains express montés sur boggies, éclairés et pourvus de moyens de suspension pour brancards. Dans les deux types, aux wagons aménagés pour blessés couchés sont adjoints des wagons de voyageurs pour blessés assis.

Les *trains à intercirculation partielle* sont formés exclusivement de wagons de voyageurs à couloir latéral permettant la communication d'un

compartiment à l'autre dans un même wagon; un certain nombre de wagons en sont pas modifiés et servent aux malades assis, les autres sont aménagés pour transporter à la fois des blessés assis et des couchés; deux brancards suspendus sont superposés dans une moitié du compartiment (fig. 5), pendant que sur la banquette en face sont assis 3 blessés. Dans chaque voiture se trouvent des water-closet, de sorte que les blessés n'ont pas à descendre pour satisfaire leurs besoins naturels; un des compartiments du bout contient une sorte d'office, et une petite installation sanitaire donne le matériel nécessaire aux besoins en cours de route; si bien que chaque voiture peut, avec ses infirmiers, se suffire à peu près complètement durant le trajet.

Fig. 5. — *Train sanitaire.*

Tous ces trains sont de plus pourvus d'un fourgon cuisine pour le personnel et d'un *fourgon tisanerie* pour les malades, dont un des premiers types a été offert aux armées par la Ville de Paris. Quelquefois le fourgon tisanerie est divisé en deux parties : une salle tisanerie, une salle pansements; c'est ce que l'on voit dans le type dit du docteur Rivière, qui nous a semblé bien compris.

De grands progrès ont, comme on le voit, été réalisés dans le transport des blessés. Il est toutefois certain qu'au moment de grands combats les blessés ne pourront pas être évacués dans ces trains sanitaires à partir de la ligne de feu. On n'indique pas à l'avance les projets d'attaque en accumulant les trains sanitaires en un point; on peut être attaqué en un point imprévu. Il faut s'occuper des combattants d'abord, des blessés ensuite. On sera donc encore amené à faire des évacuations dans des trains improvisés. On y arrivera en se servant des trains de ravitaillement. Il suffira d'ajouter à chacun de ces trains un fourgon tisanerie transportant en vrac des appareils de suspension, et une voiture de voyageurs pour le personnel sanitaire. Une fois le train de ravitaillement déchargé, on aménagera les fourgons les plus propres, ceux par exemple qui ont transporté le pain, pour y mettre les blessés, soit en y installant des appareils de suspension, soit simplement en les garnissant de paille fraîche[1]. Le train de ravitaillement à l'aller sera devenu train sanitaire au retour. Ce qui importe, c'est de ne pas faire continuer le voyage de ce train à travers toute la France, mais de transborder les blessés, à partir de la gare régulatrice, dans de véritables trains sanitaires, ce qui nous semble pouvoir être toujours réalisé.

C'est dans cette gare régulatrice que se fait le tri le plus important, que l'on complète le triage des blessés déjà en partie réalisé dans les ambulances du front et dans les hôpitaux d'évacuation. Le classement y est définitif. C'est là que peuvent, en dernier ressort, être arrêtés les très petits blessés qui, au bout de quelques jours, peuvent retourner au front, et les très grands blessés qu'il faut hospitaliser immédiatement, tout au moins pendant quelques jours jusqu'à ce que leur évacuation puisse être faite sans dangers. C'est de cette gare que sont définitivement évacués sur le territoire les blessés transportables. Le médecin chef de la régulatrice sanitaire ne devra pas se borner à les embarquer dans le train sanitaire, mais il devra, autant que possible, les grouper suivant la nature de leurs plaies, faisant dès ce moment une réelle répartition par wagons, ce qui simplifiera d'autant le travail de la gare de répartition.

* *

Actuellement, comme les diverses formations hospitalières, qui se trouvent dans le territoire, ne sont pas également aptes à soigner toutes les catégories de blessés tant au point de vue des installations matérielles qu'à celui du personnel soignant, à l'entrée dans la région d'hospitalisation, le train s'arrête dans une gare où se fait la répartition des blessés en une série de groupes, gare dite, pour cette raison, *gare de répartition*. Dans cette gare se trouve un médecin qui, au

1. Telle circonstance peut en effet se rencontrer où l'on devra renoncer même au montage d'appareils de suspension, l'arrêt du train devant être des plus réduits.

moment de l'arrivée du train sanitaire, fractionne le convoi en une série de convois secondaires qu'il dirige sur chaque ville de la région suivant ses disponibilités en lits et suivant les ressources chirurgicales qu'elle présente. Comme il est dans l'impossibilité de faire pendant l'arrêt du train cette sélection entre 4 ou 500 blessés, il est bon, comme nous l'avons indiqué, que la classification ait été faite au départ du train de la gare régulatrice, classification qui pourra, du reste, pour quelques-uns, être rectifiée en cours de route par le médecin du train sanitaire. De cette manière, à la gare de répartition on pourra immédiatement décider que tel wagon sera dirigé sur telle ville, tel autre wagon sur telle autre ville.

Ainsi, sans perte de temps, les blessés seront distribués dans les convois secondaires, qui les transporteront dans les différents centres de la région, les dirigeant à bon escient vers des formations sanitaires où des soins appropriés à leur état leur sont assurés.

Henri Hartmann,
Professeur de Clinique chirurgicale à la Faculté de Médecine de Paris,
Membre de la Commission consultative supérieure du Service de Santé.

LES CARPATHES[1]

I. — Intérêt stratégique et Caractères généraux de la chaine

Bientôt définitivement chassée par les Russes de la Galicie et de la Bukowine, l'Autriche-Hongrie, comme une vaste place assiégée, concentre de plus en plus sa défense derrière la muraille des Carpathes, qui constituent, pour elle, une belle frontière naturelle. Depuis des semaines, la lutte se poursuit obstinément sur cette même ligne de défense, d'où partent de temps à autre quelques essais de contre-offensive malheureux, tantôt vers Tarnow, tantôt vers Przemysl, tantôt vers Czernowitz. La lecture de la carte où ces régions sont figurées nous devient ainsi chaque jour plus familière, et une actualité passionnante m'amène à essayer de comprendre, d'interpréter géologiquement la constitution de cette ligne fortifiée, comme une autre actualité m'amenait, il y a un peu plus de deux ans, ici même, à étudier le prolongement de la chaîne Carpathique dans les Balkans[2]. Il est, en effet, presque inutile de le répéter une fois de plus : ce qui apparaît d'une complication extrême quand on envisage la seule topographie d'une chaîne montagneuse sans faire appel à la constitution des terrains, devient presque toujours très simple lorsqu'on recherche dans le passé les mouvements orogéniques par lesquels cette chaîne a été constituée et façonnée.

Qu'est-ce que les Carpathes ? Je le disais tout à l'heure en deux mots : une grande muraille courbe, à laquelle on peut attribuer 1.450 kilomètres en la poursuivant de Pressburg aux Portes de Fer; la branche supérieure d'un S renversé qui se retourne au Danube pour aller dessiner sa branche inférieure dans les Balkans. Mais c'est là une représentation tellement simplifiée qu'elle en devient inexacte. Le moindre examen de la carte montre que, s'il y a muraille proprement dite, c'est tout au plus dans la partie centrale, ou Beskides Orientales. A l'est et à l'ouest, la muraille carpathique est flanquée de deux énormes bastions aux crêtes multipliées et entrecroisées, le massif de Transylvanie et celui de la Tatra. A l'extrémité est on trouve le système totalement différent des Alpes de Transylvanie, tandis qu'à l'ouest les Beskides occidentales sont séparées du vieux massif de Bohème et des Sudètes par la trouée de l'Oder, qui fait communiquer directement Vienne avec Cracovie et Breslau.

En raison de cette constitution, les grands efforts militaires se sont portés jusqu'ici sur la partie centrale, moins fortement, moins profondément défendue, depuis le col de Dukla au nord jusqu'à la région de Nadworna au sud. Il suffit de relever le tracé du front russe, qui, depuis le milieu de novembre, a subi des alternatives d'avance et de recul, pour voir que les bastions extrêmes n'ont pas été atteints jusqu'ici, malgré des incursions momentanées à la limite de la Bukowine, incursions ayant dû avoir surtout un but politique de pression morale sur les Roumains. Au Nord-Ouest, la vaste courbe décrite par ce front n'a guère dépassé une ligne allant de Wieliczka (près Cracovie) à Neu-Sandec et à Bartfed. Du côté de la Transylvanie, il n'y a eu que des incursions de Cosaques vers Körösmezö, dans la direction de Maramaros-Sziget. Au

1. Il me paraît temps de renoncer à l'orthographe germanique qui avait envahi notre cartographie et de laisser les *Karpates* aux géographes d'outre-Rhin.
2. *L'orogénie de la péninsule balkanique*, n° du 15 nov. 1912.

contraire, sur la zone centrale, on s'est énergiquement battu dans la neige et dans la boue aux cols de Dukla, sur la ligne de Lupkow à Mezö-Laborc, au col d'Uszok, près de Lamoczne et de Wyszkow, ou dans le triangle Stanislau-Nadworna-Kolomea.

Au début de mars, le front sans cesse fluctuant allait de Zakliczyn (SW de Tarnow) à Dukla, Baligrod, Uszok, Koziowa, Stanislau, Kolomea, Czernowitz. Reportez-le sur une carte géologique, comme je l'ai schématisé sur le croquis ci-joint ; c'est extrêmement simple : partant à ses deux extrémités de la plaine recouverte par les dépôts glaciaires, il est tout entier compris dans la zone de ces terrains tertiaires et crétacés à facies spécial, qui forment la presque totalité des Carpathes boisées et que l'on appelle le Flysch. Pas un seul massif de roches cristallines de ce côté, ni granite ni gneiss ni roches volcaniques. Regardez, au contraire, sur la même carte, ce qui se passe plus au Sud-Ouest, à l'intérieur de cette bordure plissée à terrains de Flysch : vous y verrez les massifs cristallins et primaires de la Tatra répondant à ceux de la Transylvanie et, plus loin, bordant le tout, une bande intérieure de roches volcaniques qui domine la plaine hongroise. Le versant Nord des Carpathes occupé par les Russes, c'est le versant plissé aux sédiments riches en sel et en pétrole ; le versant intérieur où n'ont pas encore été atteints les Hongrois, c'est la zone des dislocations et des effondrements jalonnés par d'anciens volcans.

J'ai brièvement résumé autrefois dans ma *Science Géologique* [1] le lien qui rattache cette chaîne Carpathique aux grands plissements européens ; il n'est peut-être pas inutile de rappeler ces notions fondamentales. Quand, à l'époque tertiaire, le progrès de la contraction terrestre a déterminé les terrains plissés de toute la zone méditerranéenne à se précipiter en avant vers le Nord sur les massifs hercyniens antérieurement consolidés, il s'est produit, dans l'Est de l'Europe, un rapprochement particulièrement marqué entre le massif du Rhodope (prolongé au Nord-Ouest par le massif d'Agram) et la Plateforme Russe, qui, elle-même, formant un front bien analogue à celui de l'invasion russe actuelle, suivait les cours moyens de la Vistule, de la San et du Pruth. Si ce rapprochement s'était opéré sans intervention étrangère, il en serait résulté une chaîne de montagnes régulièrement plissée, telle que l'Atlas, le Caucase, ou même telle que la partie centrale des Carpathes. Mais le substratum solide de la plaine Roumaine, qui s'est avancé alors comme un coin entre la Podolie et la Macédoine, a déterminé la double boucle en S renversé dont je parlais précédemment ; en même temps, au Nord-Ouest, les Carpathes tertiaires, refoulées dans l'autre sens entre les trois massifs primaires de la Plateforme Russe, de la Bohème et du Massif d'Agram, étaient amenées à se déverser par dessus le prolongement des Sudètes hercyniens et du Carbonifère silésien, avec une autre inflexion au Sud-Ouest qui les ramenait dans le sens des Alpes.

1. P. 419 et 432 et pl. III.

Fig. 1. — *Esquisse géologique de la chaîne des Carpathes.*

Ajoutons seulement en deux mots, sans entrer dans une analyse qui sera mieux placée tout à l'heure, que, dans ce mouvement de poussée vers le Nord par dessus l'avant-pays russe et galicien, les terrains carpathiques ont, comme ceux des Alpes, été charriés les uns sur les autres en désordre, par écailles, par nappes successives qui sont remontées en se chevauchant, en s'imbriquant, du Sud au Nord, comme si on poussait de bas en haut les rangées d'ardoises ou les tuiles d'un toit. Les terrains des Carpathes ne sont pas plus en place (*autochtones*) que ne le sont ceux de la Suisse. Ils viennent du midi, des Dinarides; ils flottent anormalement dans un ordre qui ne correspond plus à la stratigraphie primitive, laissant parfois apercevoir leur substratum paradoxal à travers des fenêtres ouvertes, et il en est résulté notamment un des plus curieux phénomènes qui aient longtemps intrigué géographes et géologues, ces compartiments bizarres de terrains exotiques, que nous étudierons bientôt sous le nom de *klippen*.

II. — Description géologique des Carpathes

Abordons maintenant la description des Carpathes et commençons par examiner sur une carte géologique (fig. 1) comment se répartissent les terrains de cette chaîne avec leurs caractères fondamentaux. Nous verrons ensuite comment on peut interpréter cet ensemble par la tectonique et nous terminerons en résumant l'histoire géologique de cette zone montagneuse. Dans ce qui va suivre, je me bornerai aux Carpathes proprement dites, Carpathes boisées et Tatra; je ne parlerai ni des Alpes de Transylvanie, qui forment les Carpathes roumaines, ni des Sudètes, qui appartiennent à un système totalement différent. Le sujet sera assez vaste en me bornant à cet arc de cercle posé symétriquement sur un parallèle terrestre, qui va de Pressburg à Kimpolung et qui comprend, de l'Ouest à l'Est, les Petites Carpathes ou Kis Karpatok, les Carpathes blanches, les Beskides occidentales et les Tatra, les Beskides orientales, les Monts de Maramaros.

Topographiquement, si nous laissons d'abord de côté les massifs des Tatra qui ont leur individualité propre, les Carpathes apparaissent comme une chaîne plissée d'âge récent, affectant la dissymétrie ordinaire, en raison de laquelle la pente douce est sur le versant extérieur ou convexe, la pente abrupte sur le versant intérieur ou concave, où le résultat final de phénomènes complexes affecte l'allure d'un vaste effondrement. La véritable chaîne montagneuse, dont l'axe approximatif est marqué par la ligne frontière entre la Galicie et la Hongrie, est très uniformément constituée par des terrains monotones auxquels on a donné le nom de grès carpathiques et qui correspondent au facies caractéristique du Flysch. Ce facies, que Marcel Bertrand a comparé autrefois dans un mémoire célèbre[1] à celui du terrain houiller, comprend une épaisse série de grès et schistes alternants, tous semblables entre eux, tous manifestement déposés de même dans les eaux peu profondes d'un sillon en voie d'affaissement, et, si l'on n'y trouve pas les accumulations de végétaux qui font la richesse du terrain houiller, on y rencontre du moins, en abondance, des débris de plantes disséminés, des fucoïdes, en général indéterminables. Les dépôts du Flysch, dans lesquels les fossiles sont rares et dont l'âge ne peut, par conséquent, pas toujours être précisé, ont été longtemps confondus ensemble. On est arrivé peu à peu à constater que cette série continue s'est étalée, suivant les régions, sur presque toute la durée comprise entre le début de l'Infra-crétacé et la fin de l'Oligocène. L'aspect très général des Carpathes en résulte. Sauf quelques exceptions qui portent précisément sur des parties pittoresques du pays comme la région des lacs hongrois de la Tatra, le Pop-Ivan, etc., ce sont partout ces terrains de Flysch, facilement désagrégeables et vite émiettés, qui ont formé les pentes douces, sur lesquelles ont poussé les épaisses forêts.

Immédiatement au nord de ces terrains de Flysch commence la grande plaine, couverte de formations glaciaires, à la limite de laquelle les villes se multiplient : Ostrau, Cracovie, Tarnow, Rzeszow, Przemysl, Sambor, Drohobycz, Stanislau, Kolomea, Czernowitz, Radautz, reliées ensemble par une ligne de chemin de fer qui contourne la montagne. Cette plaine, c'est, géologiquement, le massif autochtone, le massif primaire antérieur aux plissements carpathiques de l'époque tertiaire, le massif longuement aplani pendant la suite des âges, contre lequel les vagues de la chaîne plissée sont venues plus tard buter en déferlant par dessus. Si on regarde dans ce sens du Nord en essayant de soulever par la pensée le manteau quaternaire, on voit : des terrains primaires vers les Monts de Sandomir ou sur le Dniester; ailleurs le Miocène horizontal qui remplit la fosse d'affaissement du Pruth. Mais, brusquement, vers le Sud, à l'endroit même où le relief du terrain commence à s'accidenter suivant la ligne jalonnée par les villes précédentes, la nature

1. *Les Alpes et le continent européen* (1888), p. 436.

géologique des terrains se modifie : on entre dans le Flysch.

Et d'abord on rencontre, presque immédiatement, encore dans la partie basse de la montagne, un axe salifère et pétrolifère, qui, on le remarquera, forme assez curieusement la corde d'un premier arc carpathique de Wieliczka et Bochnia à Krosno, Dukla, Sanok, Drohobycz et Boryslav, Dolina, Nadvorna, Kolomea, Sloboda (à l'intérieur de la zone d'occupation russe). Tout à l'heure, nous dirons que cet axe pétrolifère et salifère est entièrement compris dans la nappe de charriage la plus avancée, la plus septentrionale des Carpathes, la nappe subbeskidique.

Le reste de la chaîne plissée, de la chaîne de Flysch, que l'on rencontre ensuite vers le Sud, constitue ce qu'on appelle la zone beskidique. L'Oligocène en forme la majeure partie sous la forme des grès de la Magura. Cependant, surtout vers l'Est, au delà de la San et de Przemysl comme à l'extrémité Sud-Ouest dans le Wiener Wald, il s'y intercale des zones allongées et parallèles représentant les divers étages crétacés.

Tout cet ensemble apparaît en plan sur la carte comme un vaste croissant dont la corde, allant de Vienne à Kimpolung, aurait environ 700 kilom. et dont la largeur moyenne varierait entre 70 et 100 kilom. Semblable à l'arche d'un pont, ce croissant s'arcboute à ses deux extrémités sur deux pieds-droits plus méridionaux formés par des massifs de gneiss, qui sont : à l'ouest, le Semmering; à l'est, le Rodnai Havasok ou le Gyergyoi Hegys, au sud de Czernowitz. Dans la partie axiale, de Cracovie à Przemysl, le Flysch y est presque uniquement oligocène; aux deux extrémités, vers Vienne et vers Kimpolung, il devient à peu près exclusivement crétacé.

Tous les sommets et les cols de la zone centrale sont dans ces terrains de Flysch, qui forment une carapace aux écailles superposées, dont l'avancée la plus marquée vers le Nord est à Przemysl. Le long d'une première terrasse se développe la ligne ferrée de Bielitz à Neu Sandec, Sanok et Sambor. Ensuite commencent les pentes plus fortes qui atteignent : à l'Ouest, 1.725 m. à la Babia gora et, à l'Est, 2.058 m. à la Czorna hora. Un certain nombre de cols, où le terrain s'abaisse jusqu'à 500 m. (col de Dukla), ont permis d'établir huit voies transversales depuis la ligne d'Ostrau à Pressburg jusqu'à celle de Czernowitz à Klausenburg. C'est le long de toutes ces transversales qu'ont lieu, depuis des mois, les batailles.

La partie interne de la chaîne, à laquelle nous arrivons, présente une apparence beaucoup plus compliquée, surtout dans un curieux espace circulaire de 100 kil. de rayon qui a pour centre les Monts Métallifères hongrois et que dessinent, sinon sur la carte topographique, du moins sur la carte géologique : au Sud, une trainée volcanique plus que demi-circulaire; au Nord, la ligne courbe des Klippen infra-crétacés.

Cette ligne des Klippen méridionaux, ou zone des Piénines (du nom du mont Piénin), qui va de Brancs (au nord de Vienne), par Also-Kubin, à Neumarkt (Nowytarg) et à Lubotin, constitue, je l'ai déjà dit, l'un des phénomènes les plus curieux à tous égards et les plus discutés qu'on ait rencontrés dans les Carpathes. Il faut donc y insister un moment.

Qu'est-ce donc que ces Klippen? Sur une bande large de 5 kilomètres, il apparaît là une série de rochers isolés, qui, pittoresquement, forment comme des écueils, comme des saillies disséminées et qui, géologiquement, sont, en effet, des représentants dispersés de terrains hétéroclites. Posés sur une calotte schisteuse crétacée, ces blocs, ces massifs sont formés d'un calcaire compact, tantôt néojurassique, tantôt éocrétacé, qui aurait dû se trouver au-dessous de la carapace schisteuse et qui se montre par-dessus. Il y en a ainsi environ 5.000 : les uns si petits qu'une seule carrière suffit à les épuiser, les autres atteignant 16 kilom. de longueur sur 2 à 3 de largeur. Chacun d'eux constitue un individu indépendant, où la stratification est bouleversée, verticale ou même renversée, avec des indices fréquents de laminage. Tous apparaissent dans une zone où le Miocène moyen horizontal (Vindobonien) repose sur l'Oligocène disloqué.

Bien des explications ont été proposées à leur sujet. On y a vu des noyaux plus durs, plus résistants, autour desquels les plis se seraient crevés et qui auraient été ultérieurement débarrassés de leur gangue plus friable. On en a fait les saillies d'une chaîne post-néocomienne, divisée en un archipel d'îlots lors de la transgression du Crétacé moyen. Enfin, on y voit aujourd'hui, suivant l'interprétation de M. Lugeon, les fronts, apparaissant à la surface, de nappes profondes d'origine méridionale. Ce serait, si on veut, une sorte de moraine frontale que le charriage aurait poussée en avant et qui, en s'arquant, se serait tronçonnée.

A l'intérieur de ces Klippen, il reparaît encore une dernière écaille de Flysch, la nappe subtatrique, sur laquelle flotte tout entier le massif de la Grande Tatra, avec ses granites, ses gneiss et son Trias : massif saillant, où l'on atteint 2.500 et même 2.663 m., mais regardé pourtant, dans

les interprétations modernes, comme sans racine profonde.

C'est dans la partie sud de la Grande Tatra que se trouvent, avec les plus hautes cimes des Carpathes (2.500 à 2.663), les paysages les plus pittoresques, les pentes les plus abruptes et tous ces beaux petits lacs surnommés les *yeux de la mer* (Morske Oka).

Nous entrons alors dans le noyau archéen et triasique des Monts Métallifères, sur les Comitats de Gömör et de Szepes (Dobsina, etc.) et nous atteignons enfin la couronne volcanique, qui, avec des altitudes généralement basses (sauf dans le Kelemen Hegys, où le Pietrosz atteint 2.305 m.), domine, sur toute sa longueur, la plaine hongroise.

Ces volcans de Hongrie, volcans éteints depuis la fin du Pliocène, occupent une étendue considérable à l'intérieur de la chaîne carpathique, depuis le massif de Schemnitz au nord de Buda-Pesth jusqu'en Transylvanie et, de là, toujours sur le même versant, en Serbie et en Bulgarie, vers Sofia, Philippopoli et Bourgas. La chaîne est sinueuse; mais les manifestations éruptives restent sur le même versant, quoique celui-ci représente : d'abord le côté intérieur et concave, ensuite le côté extérieur et convexe. Ce n'est donc pas la forme de la courbure qui a provoqué les dislocations; mais, seule, la position relative par rapport à l'avant-pays (Plateforme russe ou Plaine roumaine) a été en cause[1]. Sans doute, dans ce refoulement qui poussait en avant les lames charriées les unes par-dessus les autres, il est resté en arrière une zone, où se sont produits des vides favorables aux épanchements volcaniques.

Ces roches éruptives sont aussi intéressantes pratiquement que théoriquement; car elles font de la Hongrie le seul pays d'Europe et même d'Eurasie qu'on puisse comparer à l'Ouest-Américain pour ses manifestations métallifères liées à des épanchements volcaniques assez anciens pour avoir été déjà profondément décapés par l'érosion. Là se trouvent les mines fameuses de Schemnitz, Kremnitz, Nagybanya, Abrudbanya, etc. : mines complexes, dans lesquelles les métaux précieux, l'or et l'argent, s'associent avec les métaux plus vulgaires, plomb, zinc, cuivre et fer.

La série éruptive hongroise commence à l'Eocène par des labradorites et andésites, à teinte généralement verte, souvent riches en quartz à bulles mobiles, que l'on appelle des grünstein ou des propylites ; elle continue par des trachytes oligocènes, des andésites miocènes, puis une série très acide de rhyolites, de liparites et d'obsidiennes, auxquelles s'associent, comme substance précieuse, les opales; enfin, elle se termine par quelques basaltes postérieurs au Sarmatien, antérieurs au Pléistocène, par conséquent longtemps avant les volcans du Plateau Central Français. C'est beaucoup, je crois, ce caractère de vieux volcans, commun avec les volcans des Montagnes Rocheuses ou du Mexique, auquel il faut attribuer les types spéciaux de minerais qui ont fait la fortune minière de ce pays.

La couronne volcanique, qui s'avance jusqu'à Budapest, Grosswardein ou Arad, longe immédiatement la grande plaine d'alluvions, l'immense fosse de comblement, où se sont accumulés des matériaux récents, étalés sur une superficie horizontale. En même temps que les roches volcaniques, on trouve, au Nord du Mont Matra et surtout dans le pays du Maros, entre les monts métallifères de Transylvanie et les Carpathes proprement dites, de grands espaces occupés par les terrains miocènes, auxquels s'associent des gîtes de sel, rattachés à l'état du Schlier (Maros Ujvar, Maramaros, etc.).

Enfin, sans vouloir décrire ici la Transylvanie, on peut rappeler qu'il existe là, à l'intérieur de la courbe Carpathique, un massif cristallin enveloppé, vers l'Est et le Sud, dans la courbure du Maros, par une zone de Flysch, avec Klippenkalk. Ce massif se présente donc comme l'homologue de ce que nous appellerons la zone Haut-tatrique (Grande Tatra et Monts Métallifères de Hongrie) : zone enveloppée de Flysch et de Klippen. L'un et l'autre de ces massifs ont subi des intrusions volcaniques nombreuses, auxquelles sont liées des manifestations métallifères qui font de ces deux régions correspondantes les deux grands pays miniers de la Hongrie : Schemnitz répondant à Abrud-Banya ou à Zalathna.

III. — Interprétation tectonique

J'ai déjà indiqué en deux mots la structure tectonique des Carpathes et, d'autre part, je ne saurais la décrire en détail, sans recourir à toute une cartographie qui serait ici hors de place. Je voudrais cependant indiquer un peu mieux comment on conçoit maintenant l'histoire de cette chaîne, sur laquelle un géologue de l'Ecole française, M. Lugeon, a projeté tant de lumière.

Dans l'ensemble, les Carpathes sont un pays de nappes, dont les écailles successives présentent ce caractère commun d'avoir été poussées

1. On constate de même que les terrains charriés sont toujours venus de l'intérieur. Dans les Carpathes proprement dites, vers la Tatra, il faut chercher leur origine au Sud. De même, dans les Carpathes roumaines, des lambeaux venus de Transylvanie ont été poussés vers la dépression roumaine.

du Sud au Nord en descendant ou remontant par une série d'ondulations semblables à celles des vagues. Le groupe qui entoure la grande Tatra accuse un plongement nord. Ceux qui lui succèdent au Nord et jusqu'à l'avant-pays possèdent au contraire un plongement sud, en sorte qu'ils ont dû remonter sur des plans de glissement obliques appuyés au Nord contre l'avant-pays autochtone. C'est comme si le mouvement avait agi là à la façon d'un ouvrier qui aurait pris tous ces terrains dans un fossé au Sud, pour les remonter vers le Nord sur des plans inclinés. Enfin, contre la Plateforme russe, la dernière nappe se dresse en un pli anticlinal qui est la zone des terrains pétrolifères.

Si nous parcourons rapidement les diverses nappes de haut en bas, ou du Nord au Sud, dans l'ordre où les traverserait un sondage, nous trouvons, d'abord, au Nord, la *zone sub-beskidique* dont l'horizon le plus caractéristique est la série Tongrienne des schistes à ménilite qui contiennent parfois beaucoup de poissons. Sa structure est particulièrement bien connue, en raison des sondages profonds et multipliés amenés par la recherche du pétrole. « Il y a là une masse de Crétacé supérieur plongeant au Sud et poussée, suivant une surface de charriage inclinée jusqu'à 45° vers le Sud, sur un paquet de couches miocènes (plus septentrional), qui est lui-même plissé et qui plonge fortement vers le Sud, en s'élevant, par une deuxième surface de contact anormal moins inclinée, sur les épaisses couches oligocènes de Dobrotow (grès et schistes) et sur l'argile salifère miocène qui les surmonte[1] ».

On a donc, dans cette seule zone, trois écailles successives, formées de couches d'autant plus récentes qu'elles sont plus septentrionales. Ces trois écailles ont été poussées et remontées à partir du Sud, suivant des plans de glissement obliques, qui convergent dans le sens du Sud. Par suite, l'écaille moyenne doit avoir une terminaison méridionale en forme de coin. Quant à l'écaille septentrionale, en arrivant contre l'avant-pays, elle a pris l'allure anticlinale signalée plus haut en se plissant avec une régularité qui étonne dans un mouvement aussi violent ; et c'est dans cet anticlinal, auquel ne succède aucun synclinal, que se trouvent les pétroles avec les ozocérites. L'allure rappelle celle de la mollasse suisse avec sa forme anticlinale.

La zone suivante, ou *zone beskidique*, assimilable à la nappe helvétienne des Alpes qu'elle poursuit directement, est surtout constituée par les grès oligocènes de la Magura. Du Sud au Nord, on traverse, dans l'ordre normal : du Tertiaire reposant sur du Supracrétacé, puis sur de l'Infracrétacé ; mais ce dernier repose lui-même anormalement sur le Tertiaire de la zone subbeskidique précédemment décrite. En même temps que du Crétacé inférieur, on trouve, dans cette zone, des lambeaux flottants de Jurassique, de Carbonifère, de granite et de grès, tels que le gigantesque paquet houiller de Hustopetsch.

La troisième zone est celle des *Klippen* ou des *Piénines*, dont il a déjà été suffisamment question. Les couches représentées y vont du Trias au Néocomien ; elles se présentent en écailles discontinues, généralement allongées dans la direction des plis, mais quelquefois aussi émiettées et comme pulvérisées sur un point d'élection (Jarembina, dans le comitat de Szepes). Le plongement général est ici aussi vers le Sud. On leur cherche une origine au Sud dans la région dinarique.

La nappe *sub-tatrique*, que l'on trouve alors, entoure en apparence le massif cristallin de la Haute-Tatra, si bien que l'on a pu autrefois assimiler celui-ci à une île enveloppée par ses dépôts. La vérité est qu'elle le domine.

Sur le versant Nord de la Haute-Tatra, on voit, en gagnant la zone des Klippen : d'abord, une succession de couches à caractère alpin, avec beaucoup de lacunes et quelques indices sublittoraux, le tout plongeant vers le Nord ; puis, par dessus et topographiquement plus bas, une deuxième série alpine beaucoup plus complète à plongement nord encore plus accentué, que l'on explique aujourd'hui par une poussée venue du Sud et ayant charrié toute cette nappe autonome par dessus le massif cristallin de la Tatra (lui-même charrié comme nous allons le voir). Son plongement est vers le Nord, par conséquent inverse des précédents. Cette nappe sub-tatrique représente la nappe austro-alpine, dont elle offre même, dans les petites Carpathes, les mélaphyres augitiques.

Enfin quand on descend plus au Sud, on pourrait s'attendre à trouver, par comparaison avec les Alpes, un élément qui ici fait presque totalement défaut : ce sont les terrains anciens ramenés au jour et souvent recristallisés par le métamorphisme régional de profondeur. La seule région des Carpathes qui ressemble à une zone cristalline interne est la région des Monts Métallifères et du Nizna ou Alaczony Tatra au sud de la grande Tatra, entre Neusohl et Kaschau, où l'on voit apparaître des terrains cristallophylliens, du Dévonien et du Carbonifère. Sur le bord nord de cette bande paléozoïque, on trouve du Trias et du Jurassique à facies alpin. Les terrains

1. SUESS : *La Face de la Terre*, t. III, p. 855.

qui englobent du Crétacé sont plissés vers le Nord.

La traînée du Nizna Tatra et peut-être aussi le lambeau analogue de la Grande Tatra, avec leur granite et leurs terrains primaires flanqués de Trias et de Jurassique, semblent se poursuivre à l'Ouest vers le Kis Fatra, les Petites Carpathes (Kis Karpatok), qui aboutissent à Pressburg, et les Monts de la Leitha sur l'autre rive du Danube, allant ainsi rejoindre le Semmering et les Alpes Orientales. On peut donc voir là une zone cristalline relativement continue à l'intérieur de la zone sub-tatrique et des Klippen et l'on en a fait la *nappe haut-tatrique*, équivalent de la nappe lépontienne ou des Tauern. Plus profonde tectoniquement que la précédente, elle la domine en général orographiquement et constitue les sommets les plus élevés des Carpathes. Les régions où on la rencontre font ainsi penser à une grande voûte anticlinale, dans laquelle les couches superposées et plissées ne seraient plus des niveaux stratigraphiques, mais des nappes de charriage accumulées les unes sur les autres. Il faut ajouter, d'ailleurs, que cette région paraît avoir subi un relèvement postérieur aux plissements par simple dénivellation verticale.

Plus loin encore vers le Sud, c'est la plaine hongroise, entièrement masquée sous les alluvions, et on ne sait jusqu'à quelle distance il faut aller chercher les racines primitives des nappes que nous venons de voir accumulées.

IV. — Histoire géologique

Dans les Carpathes comme dans toutes les autres chaînes plissées tertiaires, les premiers plissements remontent probablement très loin. J'ai essayé ailleurs de montrer que, lorsqu'on différenciait les chaînes par leur âge, cela voulait seulement dire l'âge limite jusqu'auquel leurs mouvements s'étaient continués, mais que, dans les périodes antérieures, elles avaient pu être toutes influencées également : l'attention étant seulement attirée davantage sur la dernière étape du travail.

Les mouvements hercyniens ont déjà ici joué leur rôle. Puis l'existence sur toute la longueur des Carpathes de la zone du Flysch prouve que, dès le début du Crétacé, il a commencé à se creuser là un sillon, qui s'est progressivement enfoncé à mesure que les produits empruntés à la destruction de ses bords venaient le combler sous la forme de ces dépôts arénacés.

On a remarqué des discordances locales qui semblent correspondre à des accentuations du mouvement : avant le Crétacé supérieur, entre l'Eocène et l'Oligocène. Mais la phase essentielle du mouvement s'est produite ici, comme dans les Alpes, à la fin de l'Oligocène.

On a vu alors les terrains des Dinarides plus méridionales se mettre en marche vers le Nord, avec des ondulations probablement causées par l'allure du substratum et assimilables à celles des vagues qui ondulent au-dessus d'écueils. Leurs écailles sont venues s'entasser dans les Carpathes, où on les trouve empilées dans l'ordre inverse de celui où nous les avons décrites : zone haut-tatrique, la plus profonde et la plus cristalline, quoique la plus saillante, formant les Monts Métallifères et venant ressortir par une boutonnière au milieu du Flysch sub-tatrique dans la grande Tatra; nappe de Flysch sub-tatrique, superposée à la Grande-Tatra (qui la domine en apparence dans une déchirure), et plongeant vers le Nord; enfin nappe beskidique (helvétique) et nappe sub-beskidique (mollasse suisse) venant former un dernier anticlinal contre l'avant-pays autochtone.

Jusqu'alors sans doute les déplacements avaient lieu, presque horizontalement, avec une forme ondulatoire. Le véritable mouvement orogénique, celui dont résulte l'apparence montagneuse qui nous frappe aujourd'hui, ne s'est produit qu'ensuite sous la forme des dénivellations verticales, qui représentent toujours la fin des mouvements orogéniques après les plissements, comme le montre par exemple l'histoire du Plateau Central. Le résultat de ces dénivellations, qui ont dû relever certaines parties hautes de la chaîne telles que la Tatra et le Fatra Krivan, a été surtout de donner à la plaine hongroise, par le fait seul qu'elle demeurait à peu près immobile, l'allure d'un vaste effondrement, sur lequel les cours d'eau ont alors accumulé, comme des remblais, jusqu'à l'aplanissement, des amoncellements de produits détritiques. Au lieu d'avoir été à proprement parler effondrée, il est vraisemblable que cette plaine hongroise a été elle-même relevée, puisque son niveau est aujourd'hui à une centaine de mètres au-dessus de la mer : elle l'a été seulement moins que la zone des nappes.

En même temps, ont eu lieu des manifestations éruptives, qui se sont prolongées, comme nous l'avons vu, jusqu'à la fin du Pliocène et dont l'un des effets a été de donner à l'intérieur de la courbure carpathique, où tout a disparu sous les ruines, une sorte d'homogénéité factice.

L. De Launay,
Membre de l'Institut.

LES DERNIERS TYPES DE BALLONS DIRIGEABLES

ET LEUR ROLE PENDANT LA GUERRE ACTUELLE

I. — Historique des dirigeables

Depuis l'époque où le commandant Paul Renard consacrait ici, avec sa parfaite compétence dans tout le domaine de l'Aéronautique, un article aux aérostats dirigeables[1] et deux autres aux progrès de l'aviation[2], bien des perfectionnements ont été accomplis, et la rivalité entre le dirigeable et l'avion militaires, objet de tant de controverses, a été soumise à l'épreuve décisive de la guerre : guerre sans précédent par son ampleur, par son caractère implacable de la part des Alliés et sauvage de la part de nos ennemis, enfin par l'emploi intensif des engins les plus savants et les plus terribles qu'ait produits l'art de l'ingénieur : canons à tir rapide, obusiers à portée de 10 kilomètres et à projectiles de 500 kilogrammes, sous-marins, aéroplanes et dirigeables.

En ce qui concerne ces derniers, nul n'ignore aujourd'hui l'historique de la question, réduit à ses traits essentiels : la voie ouverte, comme presque toujours, par notre pays, avec les expériences du colonel Ch. Renard (1884) et son dirigeable *La France*, dont le succès incontestable au point de vue aéronautique fut éphémère, faute du moteur léger et puissant que l'automobilisme devait créer peu d'années plus tard; les persévérantes études du comte Zeppelin, travaillant pendant de longues années à Friedrichshafen, au bord du lac de Constance, à doter l'Allemagne des dirigeables à carcasse rigide dont le principe avait été breveté en France par Spiess dès 1873; les travaux parallèles d'ingénieurs français, tels que MM. Julliot, Surcouf, Clément, etc., perfectionnant le type à carène souple qui produisit d'abord les dirigeables de la série *Lebaudy*, puis les *Zodiac*, les *Astra*, destinés pour la plupart à notre armée ou à des armées étrangères ; leurs noms furent populaires en France : c'étaient le *Patrie*, le *République*, le *Colonel Renard*, l'*Adjudant Vincenot*, le *Selle de Beauchamp*, le *Clément-Bayard*, etc. En même temps, le type souple était adopté pour divers dirigeables de construction étrangère, comme le *Leonardo da Vinci* et le *Città di Milano* en Italie, le *Mayfly*, le *Nulli Secundus*, le *Morning Post* en Angleterre (ce dernier construit en France aux ateliers Lebaudy), la série des *Parseval*, des *Gross*, des *Clouth*, en Allemagne, etc.

Ce grand mouvement a-t-il donné tout ce qu'on pouvait en attendre? Le doute est permis à ce sujet : un grand nombre de ces aérostats ont disparu prématurément pour faire place à des modèles plus perfectionnés; beaucoup ont péri accidentellement, comme le *Patrie* et le *République* en France, le *Mayfly* en Angleterre, le *Città di Milano* en Italie ; quant aux *Zeppelins*, leurs destructions, aussi bien avant que depuis la guerre, ne se comptent plus : que ces accidents résultent d'une explosion d'hydrogène, d'un mauvais atterrissage, d'un choc, causé par une tempête, sur un obstacle ou sur le hangar même qui devait être un abri et non un écueil, peu importe ; toujours est-il que les grands dirigeables de tout modèle, et particulièrement les rigides, sont singulièrement coûteux et délicats.

Aussi s'explique-t-on qu'en France, quand nos constructeurs d'avions : Blériot, Voisin, Farman, et tant d'autres, pilotant leurs propres appareils ou secondés par d'intrépides aviateurs comme Latham, Garros, Védrines, etc., eurent brillamment affirmé leur maîtrise dans le domaine du « plus lourd que l'air », l'opinion fut vivement séduite par les mérites incontestables de l'aéroplane : prix réduit, facilités d'envol immédiat, d'atterrissage à peu près partout, vitesse élevée, invulnérabilité relative (par rapport au dirigeable); sous l'empire de ces dispositions, les crédits, d'ailleurs modestes, affectés à l'aéronautique militaire furent dirigés en très grande partie vers le chapitre : aviation. Ceci se passait en 1910; depuis lors, on se rendit compte qu'il fallait opposer quelque chose de sérieux aux *Zeppelins* que l'Allemagne, avec un magnifique entêtement, s'obstinait à reconstruire toujours plus grands et plus puissants que leurs prédécesseurs victimes des éléments; et on passa — bien tardivement — commande de quelques grands dirigeables souples de 20.000 à 25.000 mètres cubes, encore en construction quand la guerre éclata.

Depuis ce moment, les renseignements abondent sur certains points; ils manquent sur d'autres. Le rôle primordial des avions s'est affirmé dès les premiers jours, et depuis lors c'est quotidiennement que les communiqués officiels ou les récits des combattants signalent leurs incessantes randonnées d'éclairage, de surveillance, de

1. Voir la *Revue*, t. XIX, p. 426 et 479.
2. Voir la *Revue*, t. XXI, p. 183 et 231; et t. XXII, p. 14 et 61.

bombardements, souvent marquées par d'émouvants duels aériens entre oiseaux ennemis, armés de fusils et de mitrailleuses. La part qu'ont dû prendre aux opérations nos dirigeables français reste au contraire dans l'ombre ; nous n'essaierons donc pas de percer ce mystère. Nous pouvons seulement dire, parce que tout Paris l'a vu le 17 février, que l'un des nouveaux grands dirigeables, le *Pilâtre de Rozier*, était à cette époque en essais dans la région parisienne. Il a été construit par les ateliers Astra, sur le modèle Torrès, qui assure la rigidité relative de l'enveloppe par la forme trilobée de celle-ci et par un système intérieur de liaisons funiculaires entre les lobes.

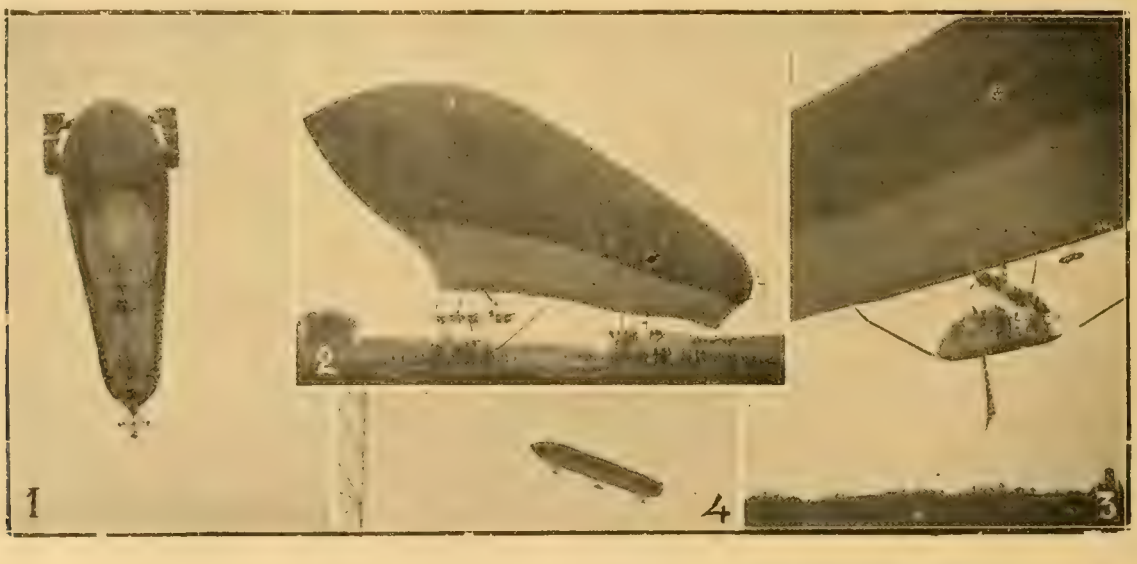


Fig. 1. — *Vues du nouveau dirigeable français* Tissandier, *prises dans diverses positions.*
(Cliché communiqué par *L'Aérophile*, revue technique et pratique des Locomotions aériennes.)

Ce dispositif ingénieux, intermédiaire entre le type souple et le type rigide, léger comme le premier et bien plus résistant aux coups de vent, a déjà la sanction d'une longue expérience : l'*Astra-Torrès n° XIV* fut acquis par l'Angleterre en 1913 et marqua un record de vitesse par 82 kilomètres à l'heure.

Le *Pilâtre de Rozier* est bien plus important que ses devanciers, puisqu'il jauge 24.000 m³, et mesure 130 mètres de longueur. Il est donc comparable à un *Zeppelin*, avec ses deux nacelles munies chacune de deux moteurs de 250 chevaux, et ses quatre hélices qui peuvent le propulser à 85 kilomètres à l'heure, pendant vingt heures au besoin. Ajoutons qu'un autre dirigeable souple de 23.000 mètres cubes, le *Tissandier* (fig. 1), vient d'être achevé par l'ingénieur Julliot, aux ateliers Lebaudy; il est caractérisé par l'existence de trois nacelles.

Nous apprendrons peut-être prochainement quelque brillant exploit de ces beaux aérostats ; en attendant, il nous faut examiner le rôle joué depuis l'ouverture des hostilités par ces fameux *Zeppelins* dont l'Allemagne est si fière et pour lesquels elle n'a épargné aucun sacrifice financier. Or, ce rôle apparaît en complète disproportion avec l'énormité de l'effort. Leurs principaux exploits sont : le raid du 19 janvier 1915 sur la côte est de l'Angleterre, partant de Cuxhaven (à l'embouchure de l'Elbe) pour lancer des bombes sur Yarmouth, Sandringham, Kings Lynn, et revenir au bout de quelques heures à leur point de départ; celui du 21 mars sur la banlieue ouest de Paris et le quartier des Batignolles dans la capitale, qui ne causa que des dégâts insignifiants et aucune perte de vie humaine; enfin les nouveaux raids sur l'Angleterre des nuits du 14 au 15 et du 15 au 16 avril, le premier sur la région de Newcastle, le second sur les côtes de l'Essex, du Suffolk et du Norfolk.

Ce sont des performances d'un certain intérêt aéronautique, des actes de barbarie qui s'harmonisent bien avec ceux des *Taubes* à Paris, à Béthune, à Calais, et en bien d'autres villes où des femmes et des enfants ont servi de cibles aux pilotes allemands, qui concordent bien aussi avec le système de torpillage des paquebots neutres sans avis préalable, mais qui n'ont rien de commun avec les opérations militaires, avec la guerre loyale et conforme au droit des gens. Ces hauts faits, et peut-être quelques autres passés inaperçus, valaient-ils la construction fébrile, dans ce qu'on a appelé, d'un terme heureux, le « nid de vautours » de Friedrichshafen, d'une dizaine de

dirigeables du type le plus récent : 30.000 mètres cubes, 165 mètres de longueur, 18 mètres de diamètre, venant s'ajouter aux types plus anciens de 1914 (27.000 mètres cubes, 158 mètres de longueur), de 1913 (22.000 mètres cubes) et de 1912 (19.500 mètres cubes, 140 mètres de longueur), dont on estime qu'il restait disponibles six ou sept unités, en août dernier, sans parler de *Zeppelins* plus anciens et de tonnage médiocre, et de divers dirigeables des types *Parseval* ou *Schütte-Lanz*, qui n'ont pas fait parler d'eux ?

bombes que peuvent leur lancer ces pirates de l'air, sont très justifiées : les canons spéciaux postés à terre ou à bord de nos avions blindés pourraient leur faire payer chèrement cette audace. On a d'ailleurs démontré que seuls les types de 22.000 à 30.000 mètres cubes avaient une vitesse, une endurance et une capacité de surcharge suffisantes pour entreprendre une expédition de ce genre, avec un millier de kilogrammes de projectiles à bord, soit une vingtaine de bombes.

L'opinion publique n'en est pas moins vive-

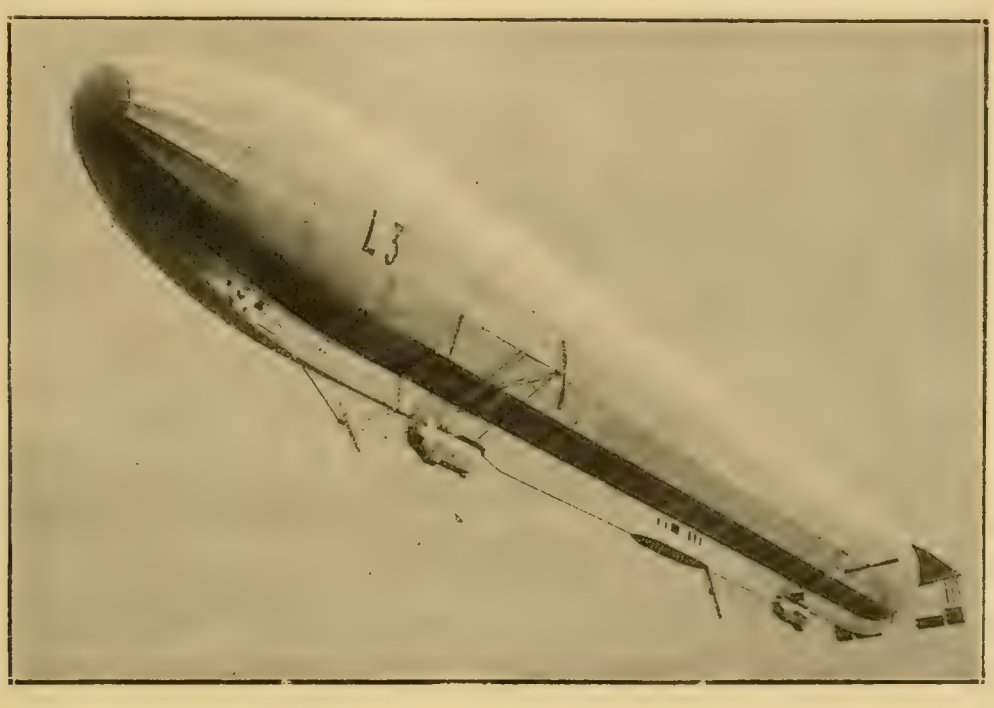


Fig. 2. — *Vue du Zeppelin* L-3, *type marine, détruit récemment sur la côte occidentale du Jutland.*
(Cliché communiqué par *L'Aérophile*, revue technique et pratique des Locomotions aériennes.)

Il semble, en tout cas, acquis que, depuis la guerre, une dizaine de *Zeppelins* ont péri dans des circonstances peu honorables pour eux : l'un s'est fait abattre à Badonviller, près Lunéville ; un autre près de Libau ; d'autres encore, qu'il serait trop long d'énumérer ; notons seulement, avec satisfaction, que la tempête s'est chargée de venger les victimes civiles de leurs bombes incendiaires : le 17 février, les deux plus belles unités, *L-3* et *L-4* du type « marine », de 27.000 et 30.000 mètres cubes, ont été détruites sur la côte occidentale du Jutland, où ils surveillaient les navires marchands danois allant vers l'Angleterre, de façon à les faire torpiller par les sous-marins de Cuxhaven.

Assurément, les tempêtes sont exceptionnelles dans la saison où nous entrons, et les mesures de précaution prises par l'autorité militaire pour préserver Paris et les grandes villes des

ment intéressée, dans la prévision d'un retour offensif qui, espérons-le, ne se réalisera pas, par tous les détails donnés au sujet des *Zeppelins*. Il ne nous paraît donc pas inutile de décrire ici sommairement les modèles récents de ces aérostats et les hangars créés pour les abriter.

II. — Les nouveaux Zeppelins

Depuis cinq ou six ans, les dispositions essentielles des *Zeppelins* n'ont guère changé, et leur silhouette de long cylindre terminé par deux cônes en ogives est connue de tout le monde, au moins par les photographies (fig. 2). Le cône avant ne porte rien ; le cône arrière est, au contraire, entouré de plans stabilisateurs assez nombreux, les uns rigides, horizontaux et verticaux, passant par l'axe du ballon, les autres orientables et formant gouvernails de profondeur ou de direction.

L'enveloppe du ballon recouvre une carcasse en alliage d'aluminium, léger et résistant, formé de poutrelles longitudinales (les génératrices du cylindre et des cônes) et d'entretoises reliant ces poutrelles de distance en distance, leur ensemble constituant un polygone à grand nombre de côtés : le cylindre dont nous parlions tout à l'heure est en réalité un prisme. Ces polygones métalliques, raidis par des tirants en câbles métalliques semblables aux rayons d'une roue de bicyclette, délimitent dans la longueur de la carcasse des compartiments intérieurs, dans chacun desquels trouve place un ballonnet à hydrogène (la carène extérieure n'ayant donc ici qu'un rôle d'enveloppe générale, et non de réservoir à gaz). Les ballonnets (au nombre de 16 pour le type de 20.000 m. cubes, 18 pour celui de 22.000 m. c., et probablement 25 pour celui de 30.000 m. cubes) sont gonflés séparément de gaz aussi léger que possible, et munis de toutes les tuyauteries, soupapes, etc., nécessaires à leur fonctionnement. Il en résulte ce grand avantage (acheté, du reste, au prix d'une dépense énorme de métal, de force motrice et d'argent), que le ballon, tout comme un paquebot à cloisons étanches, peut subir une crevaison partielle, voir un ou deux ballonnets vidés par des obstacles ou des projectiles, et se maintenir en l'air pendant longtemps encore. Toute la question est de savoir si cet avantage n'est pas payé trop cher, et s'il n'est pas fortement contrebalancé par la vulnérabilité plus grande résultant de l'accroissement de dimensions qu'exige précisément, par un cercle vicieux auquel on n'a pu se soustraire, la carcasse rigide, base de tout le système.

Les hélices, au nombre de quatre, accolées aux flancs du cylindre, et dont le diamètre paraît infime par rapport à la longueur du ballon (il est pourtant de 5 à 6 mètres) sont à 2 pales seulement; chaque paire est actionnée, d'une des nacelles, par un groupe moteur dont la puissance atteint 1.000 chevaux dans le type de 30.000 m. cubes ! Les deux nacelles sont reliées à la cabine d'observation, située au milieu de leur intervalle, par un couloir de section triangulaire qui longe le dessous du ballon, en formant une sorte de quille. Bien entendu, les nacelles sont pourvues de postes de télégraphie sans fil et de tout ce qui peut servir à la manœuvre et à la direction du ballon, à l'observation du terrain, et enfin, aujourd'hui, au bombardement des villes. L'équipage est de 25 à 30 hommes.

Quant à l'armement, il est plutôt installé au sommet du ballon, sur des plateformes situées à l'aplomb des nacelles et communiquant avec elles par des puits à échelles ménagés entre deux ballonnets; on prétend, d'ailleurs, que les essais de canons et de mitrailleuses placés aussi haut auraient donné de mauvais résultats et auraient révélé des risques d'explosion.

Nous allons maintenant examiner les immenses bâtiments dans lesquels on doit abriter ces aéronats, dont les dimensions sont presque comparables à celles de cuirassés d'escadre.

III. — Les Hangars a dirigeables

L'apparition des dirigeables de forme allongée a posé aux constructeurs un problème en partie nouveau : celui de leur assurer des abris, soit permanents, soit momentanés, au cours de leurs voyages. Pour les premiers modèles construits, tels que les *Lebaudy* de 60 mètres de longueur environ, la solution présentait peu de difficultés : un hangar rectangulaire de type courant, à charpente quelconque, suffisait, pourvu qu'il fût orienté de façon à présenter le fond au vent dominant; les manœuvres de sortie et de rentrée du ballon étaient ainsi moins pénibles et moins dangereuses pour l'étoffe de l'enveloppe. Néanmoins, c'était toujours un instant délicat que celui où la carène souple, à demi sortie ou à demi rentrée, pouvait être prise en travers par un coup de vent, pliée brusquement et déchirée par le heurt sur les portes ou sur la première ferme de la charpente. On n'avait pas toujours les mêmes commodités et la même aisance de mouvements que quand le *Lebaudy*, en novembre 1903, après un atterrissage imprévu au Champ de Mars de Paris, fut abrité momentanément dans la nef de la Galerie des Machines, où il ne tenait pas beaucoup plus de place qu'un ballon d'enfant dans une chambre.

Mais les dirigeables grandirent rapidement, dans tous les pays qui en construisaient, mais surtout en Allemagne, où le comte Zeppelin, installé au bord du lac de Constance, expérimentait opiniâtrement les embryons de ses fameux aérostats rigides. Dès le début, il avait ingénieusement tourné la difficulté de l'orientation de l'ouverture du hangar, en rendant le sien flottant, si bien qu'il suffisait de l'amarrer à un corps-mort et de laisser le vent l'orienter comme une girouette, pour obtenir la présentation de l'ouverture avec vent arrière.

Ce n'était, toutefois, qu'une solution de circonstance, et, dès que le type *Zeppelin* fut — ou parut — à la hauteur des services qu'en attendait l'armée allemande, il fallut aménager pour lui des hangars appropriés, et en nombre imposant, car la plupart des villes fortes et d'autres positions stratégiques devaient recevoir, régulièrement ou éventuellement, ces aéronats géants.

Les constructeurs allemands ont donc, tout naturellement, tracé la voie, et de leurs solutions assez variées nous pouvons actuellement retirer un enseignement profitable, évitant de coûteux tâtonnements à ceux qui se proposent de réaliser les abris nécessaires à nos grands dirigeables les plus récents. Suivant les cas, il s'agit de hangars pour ateliers de construction, ou de simples hangars de remisage, ou enfin de hangars de campagne, démontables et transportables : dans ce dernier cas, la simplicité et la légèreté des éléments sont le point essentiel.

a, néanmoins, bien des façons de couvrir un terrain rectangulaire, et les différents systèmes de fermes en bois ou en acier se sont donnés ici libre concurrence (fig. 3). Nous n'essaierons pas de les passer en revue, ce qui serait fastidieux ; disons seulement qu'on trouve des fermes à une, deux ou trois rotules, ayant des portées de 20 mètres environ pour un seul ballon et de 50 mètres pour deux ballons. Il faut évidemment éviter, à l'intérieur du moins, toute saillie de boulons, d'écrous, de tiges en fer quelconques, qui pourraient crever l'enveloppe du ballon.

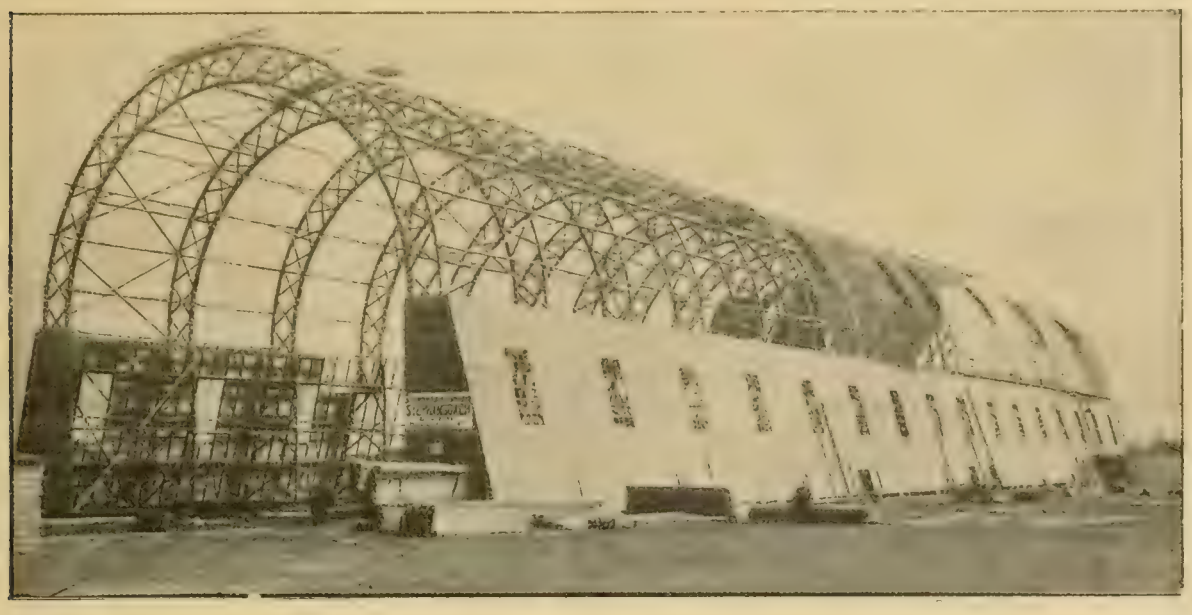


Fig. 3. — *Montage d'un hangar en bois pour dirigeables, à Dusseldorf.*

§ 1. — Hangars fixes

On a préconisé pour eux des formes assez diverses : par exemple, celle d'un triangle avec des portes à chaque sommet; ou d'une étoile à trois pointes, avec des portes aux pointes et aux angles rentrants; ou, ce qui paraît plus simple, d'une rotonde analogue aux grands dépôts de locomotives, avec des portes réparties sur toute la circonférence, permettant de sortir ou de rentrer dans une direction quelconque. Dans ces différents systèmes, le hangar peut recevoir plusieurs ballons de diverses grandeurs; les formes en étoile ont, en outre, l'avantage de fournir des abris assez étendus pour les ballons qui se trouvent à l'extérieur, en manœuvres d'appareillage ou d'atterrissage.

Il ne semble pas, toutefois, que ces projets aient été réellement exécutés, et toutes les photographies que nous avons vues concernaient des hangars du type rectangulaire classique. Il y

Comme pour toute construction similaire, les éléments du calcul sont le poids propre de la charpente et de la toiture, la pression maxima du vent, et la surcharge de la neige. Pour les hangars à un seul ballon, la ferme en ogive ou en arceau est tout indiquée; comme on ne peut (pour laisser libre le gabarit du ballon) entretoiser les parois par des tirants, comme dans les fermes du genre Polonceau, la construction manque par elle-même de rigidité dans le sens transversal, et il faut lui en donner par l'ancrage des piliers sur de larges semelles, ou par des haubans extérieurs, formant contreforts. Souvent, du reste, l'intervalle entre ces contreforts est lui-même couvert à moindre hauteur, et sert aux bureaux, ateliers d'entretien, etc. Dans les hangars des usines de construction, les ateliers sont plus spacieux et doivent être placés, non dans les dépendances du hangar, mais tout à côté, avec de larges baies de communication.

Le bois, même ignifugé, paraît bien exposé

aux incendies que détermineraient aisément les bombes lancées par les avions et les dirigeables ennemis ; le béton armé semblerait une protection plus efficace, en même temps qu'un matériau d'entretien minimum, n'exigeant pas de peinture; cependant, il n'a pas encore été employé à notre connaissance.

Le hangar devant être bien éclairé, sans toutefois exposer aux rayons ardents du soleil les carènes gonflées qui perdraient aussitôt beaucoup d'hydrogène, produit fort coûteux, on constitue de préférence les panneaux vitrés de la toiture par de doubles dalles en verre armé, jaune ou bleu, avec intervalle assurant une circulation d'air et un refroidissement du vitrage. L'application de calorifuges sur les parois pleines est également recommandable.

L'aménagement du hangar comprend encore des dispositifs de ventilation naturelle (fenêtres) et mécanique (ventilateurs disposés au sommet de la nef, chassant le gaz à l'extérieur en cas de fuite importante) ; il ne faut pas oublier qu'avant d'être dangereuse au point de vue respiratoire, l'atmosphère chargée d'hydrogène peut le devenir par la présence de feux de forge, et aussi des moteurs du ballon dont l'allumage électrique peut causer une explosion.

La charpente est parfois complétée par des cadres suspendus qui épousent le gabarit des ballons et leur servent d'appuis ; le plancher est muni de rails pour les chariots sur lesquels reposent les nacelles, auxquelles on doit épargner les heurts avec le sol, en raison de l'importance du matériel qu'elles contiennent : moteurs, reliés aux hélices par des transmissions délicates, appareils de précision pour les commandes, pour les mesures, pour la direction de l'aéronat, etc.

Un accessoire intéressant des hangars à ballons, ce sont les phares d'atterrissage, constitués par des projecteurs qui signalent au ballon la position et l'orientation du bâtiment, ou même comportent des dispositions ingénieuses du genre de celle-ci : deux cercles de lampes à incandescence intensives, de dimensions différentes, sont placés l'un devant l'autre, de façon à constituer les deux bases d'un tronc de cône, dont l'axe idéal jalonne l'alignement à prendre pour atterrir. Si ces deux cercles apparaissent concentriques au pilote du ballon, c'est que la nacelle se trouve dans le prolongement de l'axe, et il suffit de s'y maintenir pour suivre la bonne direction ; sinon, les deux cercles apparaissent obliquement sous forme d'ellipses lumineuses séparées, ou qui se recoupent ; le pilote manœuvrera, d'après ces apparences, jusqu'à arriver à les voir sous forme de deux cercles concentriques, avant de descendre à proximité immédiate du sol[1].

Les portes du hangar sont parfois d'immenses rideaux maintenus par des câbles, mais ce système n'est usuel que pour les hangars démontables ; pour les hangars fixes, on emploie des portes en charpente, de types très variés. Quand elles sont de grandes dimensions, cas très fréquent, on ne peut adopter le type pivotant autour de gonds, qui serait pénible à manœuvrer et offrirait trop de prise au vent : on préfère le type coulissant, divisé en petits panneaux qui glissent les uns sur les autres, guidés en haut et en bas par des chemins de roulement où leurs galets se déplacent ; ces chemins de roulement sont parfois cintrés en plan, de façon que les portes ouvertes forment une sorte d'entonnoir facilitant et protégeant la sortie du ballon. On peut enfin combiner des panneaux à la fois pivotants et coulissants, ou bien recourir à la division de la porte en petits panneaux qui se replient les uns sur les autres comme ceux des persiennes en fer aujourd'hui d'emploi courant dans les habitations. La manœuvre des portes doit être aussi rapide que possible, car le ballon est toujours exposé à avaries entre leur ouverture et son départ, ou entre sa rentrée et leur fermeture.

Le montage des charpentes n'est intéressant que quand il s'opère par des méthodes particulières. Si la charpente est légère, il est tout indiqué d'assembler les fermes entières sur le sol, l'une après l'autre, et de les soulever en bloc, en les faisant pivoter autour de leurs bases ; ce procédé est simple et rapide. Un autre, plus remarquable, consiste à monter simultanément toute la charpente en travaillant au niveau du sol, ou du moins à faible hauteur : on part du sommet de la nef, qu'on monte sur toute sa longueur, puis on assemble de part et d'autre les pièces voisines, en soulevant le tout avec des vérins à mesure qu'on avance, et on continue de telle façon que le milieu de la nef s'élève peu à peu, jusqu'à sa cote définitive, l'addition de nouveaux éléments aboutissant à la pose des semelles des piliers ou montants. Il n'est pas besoin, ici, d'ouvriers travaillant en l'air dans une charpente instable, sur des échafaudages branlants : tout le travail se fait presque au niveau du sol, et peut être effectué par des soldats, nombreux mais peu expérimentés en matière de charpente, cas ordinaire d'une troupe en campagne : ce procédé est donc très recommandable pour les hangars démontables militaires ou coloniaux.

1. Voir, pour plus de détails, la *Revue gén. des Sciences* du 15-30 octobre 1914, p. 767.

§ 2. — Hangars pivotants

Un perfectionnement remarquable dans la construction des hangars à dirigeables consiste dans leur montage sur une immense plaque tournante permettant de les orienter à volonté, comme le hangar flottant du lac de Constance.

Le principe est évidemment fort simple, mais la manœuvre d'une masse aussi pesante, roulant sur des galets en grand nombre, et sur des rails circulaires très robustes, est un problème délicat; il va sans dire que le prix du hangar est fortement augmenté; on peut même estimer qu'il est triplé. Il existe cependant en Allemagne quelques hangars rotatifs; l'une de nos photographies (fig. 4) en montre l'aspect extérieur, la figure 5 la coupe transversale et le plan.

Un modèle analogue, qui ne semble pas avoir été exécuté, consiste à monter le hangar entier sur un pivot aménagé en haut d'un pylône central extrêmement robuste, puisqu'il devrait porter tout l'édifice ; la rotation se ferait autour du pivot, avec guidage par des couronnes de galets autour de la base du pylône.

On a enfin proposé de monter, devant un ensemble de hangars fixes (ce que les Allemands appellent un « port » à *Zeppelins*), accolés parallèlement, une travée montée sur plaque tournante et sur chariot transbordeur, semblable (mais infiniment plus grand) aux transbordeurs de wagons des remises de nos gares principales. On desservirait ainsi, avec une seule travée mobile, un nombre quelconque de travées fixes. Ce projet de grande envergure semble être jusqu'ici

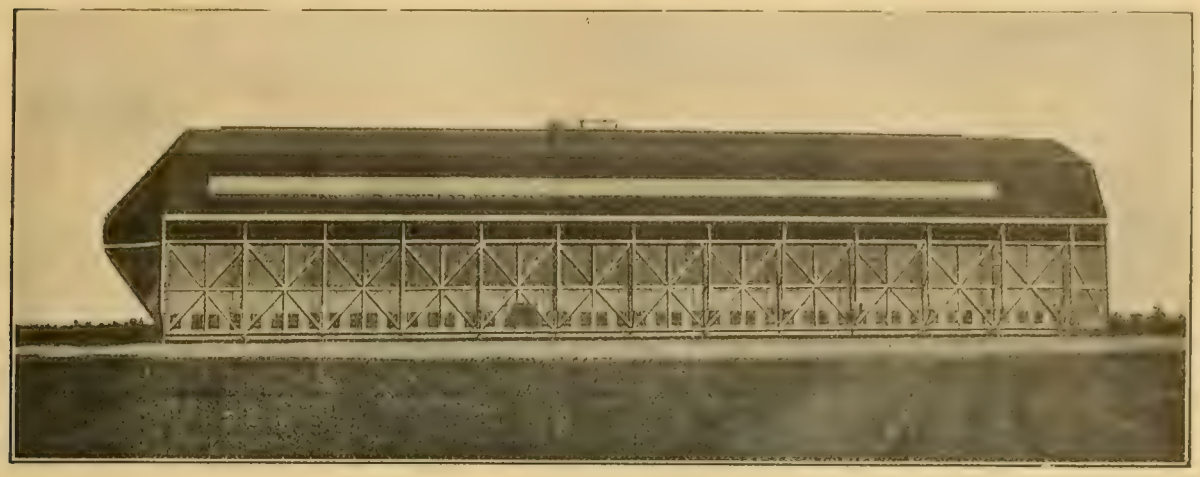
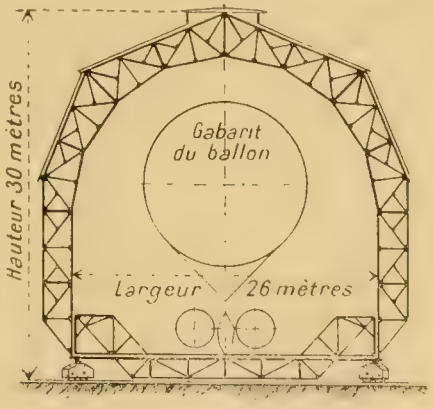


Fig. 4. — *Hangar rotatif Siemens-Schuckert.*



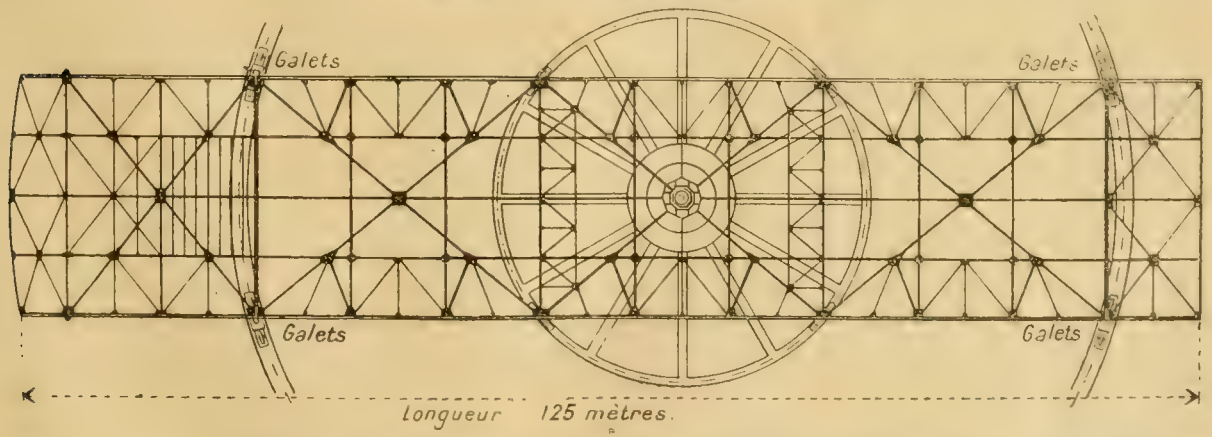


Fig. 5. — *Coupe transversale et plan du hangar rotatif Siemens-Schuckert.*

un simple rêve, de même que celui d'un autre ingénieur allemand, peut-être prestidigitateur à ses heures, qui préconisait — sur ses brevets seulement — un hangar à transformations tout à fait curieux : le toit s'ouvrait par le milieu, la charpente articulée s'abaissait à droite et à gauche, comme un praticable de théâtre bien machiné, et formait des éléments de plate-formes, ou de plans inclinés, facilitant la manœuvre, pendant que le ballon, dégagé comme un marron qui sort de sa coque mûre, apparaissait au milieu d'un vaste plateau, prêt à partir sans rencontrer d'obstacle. Pour compléter, le tout était monté sur plaque tournante. Il serait intéressant de savoir ce que pourrait coûter un engin d'une pareille complication.

§ 3. — Hangars et abris improvisés

Bien que les hangars fixes ou démontables soient relativement nombreux en Allemagne (et que, depuis la guerre, on en ait monté certainement plusieurs en Belgique et dans le Nord de la France), on conçoit que des aménagements de fortune doivent être improvisés dans certains cas.

Nous ne ferons qu'indiquer quelques procédés préconisés en Allemagne dans ce but : d'abord, à titre de curiosité, mentionnons la possibilité d'utiliser certaines grandes carrières ou minières à ciel ouvert, formant d'immenses excavations au fond desquelles un dirigeable pourrait être abrité et même dissimulé à la vue (sauf, naturellement, aux pilotes des avions ennemis), on prétend que des minières belges auraient été aménagées à cet effet, grâce à des corvées imposées aux habitants traités comme des esclaves; ensuite, on peut improviser des abris au moyen de murs en ligne brisée derrière lesquels le ballon serait masqué, à l'opposé du vent : des panneaux en béton armé, de montage rapide, pourraient servir à constituer ce mur; plus simplement encore, on pourrait le constituer, en partie de montants et panneaux en béton armé, en partie de panneaux en treillis métalliques, plus faciles à transporter, et présentant l'avantage de briser la force du vent, sans l'arrêter complètement, ce qui exposerait le mur à des pressions excessives nécessitant des contreforts puissants.

Ces abris improvisés, qui peuvent rendre des services réels pour des dirigeables de dimensions modérées, paraissent peu pratiques pour des *Zeppelins* des derniers types, dont la hauteur atteint au moins une vingtaine de mètres, tout compris. C'est une raison de plus pour que, désemparés au cours d'un voyage, ils deviennent le jouet de la tempête, comme l'ont été déjà le *L-3* et le *L-4* croisant au-dessus des côtes danoises.

*

De tout ce que nous venons de dire, il résulte que l'Allemagne, sans négliger l'aviation, a été hypnotisée par l'idée de créer une flotte d'aéronats géants, capable de jeter l'effroi dans les pays ennemis au même titre qu'une escadre de superdreadnoughts ou une batterie d'obusiers de 420; elle n'a reculé pour cela devant aucun sacrifice, mais, fort heureusement, ses menaces n'ont abouti jusqu'ici qu'à des résultats dérisoires, largement contrebalancés par la destruction d'une dizaine de *Zeppelins* dont la plupart n'avaient encore rendu que très peu de services. Nous espérons bien que l'avenir ne démentira pas le passé, et qu'une attaque de Londres ou de Paris par une escadre aérienne serait l'occasion d'anéantir les plus puissants dirigeables dont l'Allemagne dispose encore contre nous[1].

A. Fourniols,
Ingénieur civil.

1. Dans un prochain article, nous exposerons une autre question fondamentale pour le fonctionnement des dirigeables, celle de leur ravitaillement en hydrogène.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Milhaud (Georges) et **Pouget** (Edouard), *Professeurs de Mathématiques spéciales à Nîmes et Montpellier.* — **Cours de Géométrie analytique.** *1re partie :* **Géométrie à deux dimensions.** — *1 vol. in-8° de 478 pages avec 344 fig.* (*Prix : 12 fr*). *Félix Alcan, éditeur, Paris*, 1914.

Précédé d'une spirituelle préface de M. Em. Borel, ce nouveau « Cours de Géométrie analytique » est la réalisation la plus récente des modifications par lesquelles les programmes de l'enseignement des Mathématiques spéciales ont été rendus plus modernes, mieux adaptés aux nécessités des sciences pures et appliquées. Déjà, il y a quelque sept ans, avait paru l'excellent « Précis » de G. Papelier, qui s'inspirait des mêmes progrès. On constate du reste peu de différences importantes entre les deux ouvrages, si ce n'est dans la coordination des matières traitées. Il semble en particulier que les auteurs aient eu raison de développer les notions d'Homographie et d'Involution, et en tout cas de les grouper avec celles du Rapport anharmonique. C'est ce chapitre qui devient, chez les auteurs allemands, prépondérant, et qui fait de leur Géométrie analytique comme un développement de la Géométrie projective. De même, le chapitre des Coordonnées polaires gagne à être placé après l'étude des Courbes en général, plutôt que d'être traité, à la fin, en espèce d'appendice. Une innovation est intéressante : c'est, dans l'étude particulière des coniques, sur l'équation réduite, de mener simultanément l'étude de toutes les coniques à centre.

L'exposition didactique paraît le fruit d'une grande expérience pédagogique : les auteurs, qui s'adressent à des débutants, ne dédaignent pas de revenir et d'insister sur les notions importantes, les idées maîtresses. Ils donnent des conseils : telle méthode est préférable à telle autre; les conséquences de tel principe ou les développements de tel calcul sont ou ne sont pas intéressants. Un seul exemple : A propos des courbes définies géométriquement, on peut ou former l'équation du lieu ou rechercher une représentation paramétrique, ce qui n'est pas toujours visible à priori et entraîne des difficultés très différentes de résolution; les auteurs guident en conséquence leurs élèves par des exemples judicieusement choisis.

E. Démolis,
Professeur à l'École Professionnelle de Genève.

Braive (Jean), *Ingénieur des Arts et Manufactures.* — **Aide-mémoire de l'ingénieur-constructeur de béton armé.** *Préface de* M. A. Mesnager. — *1 vol. in-8° de X-388 p. avec fig.* (*Prix cart. : 15 fr.*) *H. Dunod et Pinat, éditeurs, Paris*, 1914.

Cet ouvrage rendra service à tous ceux qui ont à s'occuper de constructions en béton armé. Il débute par le rappel de quelques formules de mathématiques; puis vient l'exposé des principes généraux, suivi de renseignements sur l'emploi et l'exécution du béton armé et de la reproduction des documents officiels qui régissent pour l'instant la question. L'ouvrage se termine par des exemples de calculs et de plans et par un vocabulaire en cinq langues.

M. Mesnager, le très distingué professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées, a rédigé une intéressante préface, dans laquelle il formule quelques réserves sur le mode de calcul de l'effort tranchant.

M. Braive accepte de bonne grâce ces observations et se borne à dire qu'il a reproduit la méthode communément adoptée. Ceci démontre simplement que la théorie du béton armé est perfectible : il n'en saurait être autrement pour une question aussi neuve et aussi complexe.

L. Lecornu,
Membre de l'Institut.

2° Sciences physiques

Hanriot (M.), **Carré** (P.), **Seyewetz** (A.), **Hébert** (A.) et **Charabot** (E.). — **Principes d'Analyse et de Synthèse en Chimie organique.** — *1 vol. in-8° de 795 pages avec fig. de l'Encyclopédie de Science chimique appliquée.* (*Prix cart. : 30 fr.*). *Ch. Béranger, éditeur, Paris*, 1914.

Cet ouvrage a pour but de faire connaître les méthodes de la science technique dérivant de la Chimie organique. Les sujets suivants y sont traités :

Les principes généraux de l'analyse organique.

Les produits pharmaceutiques.

Les méthodes de synthèse des matières colorantes.

Les applications de la Chimie à l'étude et à la production des parfums.

Etude de la saponification en général.

1. *Les principes généraux de l'analyse organique.* — Les composés minéraux sont le plus souvent des sels, dont les éléments, en nombre considérable, peuvent être facilement caractérisés. Les composés organiques, au contraire, ne renferment qu'un petit nombre de corps simples, qui sont à l'état dissimulé et qu'on ne peut mettre en évidence qu'en détruisant la matière (analyse élémentaire). Cela n'apprend rien sur leur mode de groupement, qui peut varier d'un grand nombre de façons en engendrant chaque fois des espèces nouvelles. Les méthodes qu'on emploiera pour séparer les corps des divers groupements ainsi formés, et pour isoler les sujets d'une même espèce, seront particulières à chaque cas et ne présenteront pas la précision des méthodes analytiques de la Chimie minérale. Elles constitueront l'analyse immédiate proprement dite.

a) *Analyse élémentaire.* L'auteur indique rapidement, et sans entrer dans les détails de chaque opération, les procédés qu'il faut employer pour rechercher qualitativement et pour doser ensuite les éléments qu'on rencontre généralement : carbone, azote, halogènes, soufre, phosphore, arsenic, métaux; enfin il signale pour mémoire le dosage direct de l'oxygène, par destruction de la matière organique au moyen de l'acide sulfurique et de l'iodate d'argent, celui-ci intervenant comme source d'oxygène dont on peut doser l'excès.

La composition centésimale du corps étant connue, on détermine la formule brute, puis le poids moléculaire par une des méthodes usuelles : densité de vapeurs, crycosopie ou tonométrie, ou bien encore par l'analyse des sels des métaux monovalents, ou par réaction de dédoublement.

On établit ensuite à quelle série appartient le corps examiné : série grasse, aromatique, terpénique, etc., puis sa fonction L'auteur expose en conséquence les caractères principaux des fonctions organiques.

b) *Analyse immédiate proprement dite.* Les dosages qu'on vient d'indiquer ne peuvent être faits que sur des produits convenablement séparés par les procédés de l'analyse immédiate. Comme méthodes physiques on emploie : la sublimation, la distillation, les épuisements successifs, la précipitation par changement de milieu, la cristallisation, la dialyse. La distillation fractionnée, dans le vide ou sous la pression normale, et qui peut être

faite également en présence de vapeur d'eau, les épuisements successifs, les appareils et les solvants qu'on emploie dans ce but sont spécialement étudiés. Les méthodes chimiques sont basées sur les caractères propres à chaque fonction.

On détermine ensuite les constantes physiques : point de fusion, point d'ébullition, densité, indice de réfraction, pouvoir rotatoire, susceptibilité magnétique.

Ces principes d'analyse sont suivis d'une description succincte des corps basée sur le nombre d'éléments contenus. Les hydrocarbures viennent d'abord. L'auteur appelle hydrocarbures saturés ceux ne fixant pas directement le brome à froid, hydrocarbures non saturés ceux susceptibles de donner des dérivés d'addition. Parmi les composés ternaires (C, H, O) sont décrits d'abord les acides (mono et diacides, acides-alcools, etc.), les aldéhydes et les cétones principales et les composés caractéristiques qu'elles engendrent, les monoses et les bioses et leurs osazones lorsqu'il en existe, les phénols et les alcools. Les corps contenant C, H, N, O comprennent les dérivés nitrés, certains alcaloïdes, les amides, les acides amidés et les matières albuminoïdes. L'auteur signale la propriété d'un grand nombre d'alcaloïdes de donner des combinaisons avec des sels et acides minéraux complexes (vanadate d'ammoniaque, molybdate de soude, acide phosphotungstique...) et montre l'usage qu'on peut en faire pour l'identification des diverses bases.

Un chapitre spécial est réservé aux matières colorantes. La méthode d'analyse sur fibre qui est indiquée donne de bons résultats et permet de déterminer rapidement à quel groupe appartient un colorant donné.

2. *Les produits pharmaceutiques.* — Les travaux faits dans le but d'établir s'il existe des relations entre la constitution et les propriétés physiologiques sont d'abord exposés. Parmi les composés organiques quelques faits peuvent être classés : Le groupement atomique actif au point de vue antithermique est en général constitué par des dérivés acidylés des amines aromatiques. Les éthers benzoïques des amino-alcools sont tous anesthésiques. Lorsqu'il existe 2 isomères énantiomorphes d'un corps, l'isomère gauche est le plus actif au point de vue physiologique. La fonction quinone est la fonction active du groupement ekkoproticophore. Les principaux corps synthétiques intéressants au point de vue pharmaceutique sont ensuite décrits. L'auteur a adopté la classification basée sur les propriétés physiologiques : antiseptiques, antithermiques, hypnotiques, anesthésiques généraux, anesthésiques locaux, sédatifs du système nerveux, vasodilatateurs, vasoconstricteurs, etc.

Un chapitre très important est réservé aux principes actifs extraits des plantes et des animaux. L'auteur indique les procédés d'extraction, puis il classe les corps suivant la constitution chimique : corps à bases aliphatiques, dérivés du pyrrol et de la pyridine, dérivés de la quinoléine et de l'isoquinoléine, groupe de l'imidazol, groupe de la purine, alcaloïdes de constitution inconnue.

Un paragraphe est réservé aux glucosides et à leurs modes d'extraction, aux substances actives diverses, cantharidine, cascarine, etc.

Cette dernière partie, relative aux principes extraits des animaux et des végétaux, bien exposée et d'une documentation abondante, tient une place importante dans l'ensemble de l'ouvrage.

3. *Méthodes de synthèse des matières colorantes.* — L'auteur expose d'abord quelques considérations générales : théorie des chromophores de Witt et exceptions qu'elle comporte, constitution paraquinonique de Nietzki, tendance actuelle à considérer un grand nombre de matières colorantes comme des dérivés de l'orthoquinone.

Puis il examine ensuite chaque classe de colorants : dérivés nitrés, colorants azoxyques, oxyazoïques, azoïques dérivés des diamines, dérivés des pyrazolones, dérivés de la quinone-oxime, quinoniques hydroxylés, dérivés du di- et du tri-phénylméthane, phtaléines, dérivés de la quinone-imide, indophénols, thiazines, thiazones, oxazines, oxazones, eurhodines, safranines, indulines, thiazolines, indigotine et dérivés, colorants sulfurés, colorants de la quinoléine et de l'acridine, colorants pour cuves, colorants sur fibre.

4. *Applications de la Chimie à l'étude et à la production des parfums.* — Les procédés employés pour extraire les parfums naturels sont décrits d'abord: expression, distillation en présence d'eau, infusion, macération à chaud, enfleurage, extraction par les solvants volatils.

Les méthodes qui permettent de vérifier la qualité d'une essence sont ensuite exposées : dosage des éthers par saponification, des alcools par éthérification au moyen de l'acide acétique, puis saponification successive. Lorsqu'on veut faire l'extraction de ces alcools, on opère par distillation fractionnée suivie d'une éthérification, ou bien on transforme en combinaison chlorocalcique ou en éther phtalique acide. Les phénols peuvents être dosés par transformation en phénates alcalins solubles dans l'eau ou en dérivé iodé; enfin, lorsque ces corps sont à l'état d'éthers-oxydes, on emploie la méthode de Zeisel. Les aldéhydes sont dosées au moyen du bisulfite de soude et dissolution dans l'eau de la combinaison bisulfitique formée, ou encore au moyen du sulfite neutre et de l'acide acétique, ce qui convient particulièrement pour la carvone, ou enfin par augmentation du pouvoir rotatoire, dans le cas des aldéhydes inactives sur la lumière polarisée après enlèvement de ces aldéhydes. Le dosage du citral, du citronnellal et de la méthylheptènone est traité en détail.

Les cétones peuvent être transformées en combinaisons bisulfitiques dans quelques cas, en oximes difficilement entraînables par la vapeur d'eau, ou encore par réduction en alcools qu'on dose par les méthodes déjà indiquées.

Parmi les oxydes terpéniques, le seul important est le cinéol qu'on isole à l'état de combinaison bromhydrique, phosphorique ou résorcinique et qu'on pèse après libération.

Pour terminer ce qui est propre à l'analyse, signalons le dosage de l'anthranilate de méthyle à l'état de sulfate.

Un chapitre est consacré à l'élaboration du parfum dans la plante et aux transformations qu'il éprouve; à la distribution géographique des plantes à parfum, aux espèces exploitées, etc.

Les produits synthétiques employés en parfumerie sont examinés ensuite; certains ont déjà été rencontrés dans les essences; d'autres comme l'ionone sont d'origine exclusivement chimique; on fait au moyen de ces corps des parfums artificiels qui présentent beaucoup d'analogie avec les produits naturels.

5. *Etude de la saponification en général.* — La saponification est un phénomène chimique qui a été particulièrement bien étudié. Industriellement elle est limitée aux éthers de la glycérine et aux produits qui en dérivent : acides gras et savons, ce qui lui a valu son nom. On n'est pas encore fixé sur le mécanisme d'hydratation de ces éthers de la glycérine; suivant certains savants, il y a d'abord formation de di et de monoéthers; suivant d'autres ces termes intermédiaires n'existent pas : il y a immédiatement formation d'acide et de glycérine.

La saponification est grandement facilitée par l'introduction, même en petites quantités, d'alcalis ou d'acides minéraux, qui agissent comme catalyseurs et provoquent une émulsion convenable de la matière à saponifier et de l'eau; les alcoolates alcalins agissent d'une façon analogue; il y a d'abord formation d'éther éthylique, puis saponification de l'éther formé par l'alcali mis en liberté. L'auteur s'étend longuement sur l'action hydrolysante des diastases, étudiée en 1849 par Claude Bernard, puis par un grand nombre de chimistes, en particulier par Nicloux (cytoplasma de la graine de ricin) et par Baur, qui a proposé d'utiliser le suc pancréatique des animaux abattus.

A la saponification il faut rattacher l'alcoolyse, transformation des éthers glycériques en éthers méthyliques,

dont l'étude a été faite récemment par M. Haller et qui constitue une méthode nouvelle d'analyse des graisses et de préparation des éthers des acides gras. Un dernier chapitre est consacré à l'étude de la saponification dans le règne animal et dans le règne végétal.

En résumé, l'ouvrage de MM. Hanriot, Carré, Seyewetz, Charabot et Hébert atteint le but qu'ont recherché les auteurs. Le lecteur y trouvera, en plus des principes de Chimie, des renseignements bibliographiques nombreux en ce qui concerne les alcaloïdes et les matières colorantes.

J. Leroide

3° Sciences naturelles

Jumelle (H.), *Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.* — **Les Cultures coloniales.** IV : Plantes a condiments et plantes médicinales. V : Plantes oléagineuses. — *2 fasc. de 118 et 112 p. avec fig. (Prix cart. : 1 fr. 50 chaque). Baillière, éditeur, Paris,* 1914.

C'est la suite de la 2e édition de l'ouvrage sur les Cultures coloniales, qui comprendra 8 fascicules remplaçant les 2 volumes de la 1re édition.

Le fascicule sur les plantes à condiments est un exposé mis à jour des questions concernant : Gingembre et Cardamomes, Vanillier et Canneliers, Poivriers, Piments, Giroflier, Muscadier, Camphriers, Badamier, Arbres à Quinquina, Cocaiers et Kolatiers. Ces dernières plantes ont fait l'objet de travaux récents que mentionne la bibliographie générale ajoutée utilement, par l'auteur, à cette deuxième édition.

Dans le fascicule sur les plantes oléagineuses, on trouve des études sur le Cocotier, le Palmiste, l'Arachide, le Sésame, le Ricin, le Cotonnier et le Soja. Une mention générale, un peu brève, est faite des autres oléagineux de moindre importance. Un tableau d'ensemble des multiples ressources oléagineuses des pays chauds n'était d'ailleurs pas dans le plan de l'ouvrage, puisqu'il s'agit des plantes qui font l'objet des principales *cultures* coloniales. S'il nous était permis de suggérer une addition d'ordre pratique, ce serait de souhaiter à la fin de l'ouvrage, en raison même de son caractère cultural, une documentation plus complète et d'ordre comptable, fournissant pour chaque plante un bilan de culture type; ou, mieux, une notice d'ensemble résumant, pour chaque culture et pour les divers pays intéressés, les conditions habituelles du rendement agricole. C'est certainement une des questions que les lecteurs, et nos étudiants, recherchent dans les livres d'agriculture spéciale et d'économie coloniale.

Edmond Gain,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy,
Directeur de l'Institut agricole et colonial.

Loeb (J.), *Professeur à l'Université de Berkeley.* — **La Conception mécanique de la vie.** *Traduit de l'anglais par* H. Mouton. — *1 vol. in-16 de 302 pages avec 58 fig. de la Nouvelle Collection scientifique. (Prix : 3 fr. 50). F. Alcan, éditeur, 108, boulevard Saint-Germain, Paris,* 1914.

Nos connaissances actuelles nous donnent-elles quelque espoir que la Vie, c'est-à-dire l'ensemble de tous les phénomènes vitaux, puisse être, en fin de compte, exposée sans ambiguïté en termes physico-chimiques, sans recourir à des hypothèses métaphysiques et invérifiables? Loeb répond affirmativement à cette question, en exposant les résultats de ses principales recherches : 1° analyse de l'acte de la fécondation (formation de la membrane produite par une substance cytolysante, immunisation de l'œuf contre l'action fatale des oxydations reproduite par l'action d'une solution hypertonique, et enfin introduction de substances chimiques ou chromosomes, substratum des caractères paternels); 2° étude des tropismes et de la sensibilité différentielle, amenant à une conception mécanique des manifestations de l'instinct, des actes conscients, de la mémoire associative; 3° rôle des sels dans la conservation de la vie, et les actions salines antagonistes; 4° expériences sur l'hétéromorphose et le mécanisme de la croissance chez les Hydroïdes.

Les mémorables travaux de Loeb sont trop connus pour qu'il soit nécessaire de les analyser dans le détail; ils l'amènent à cette conclusion générale que tous les phénomènes vitaux, y compris les manifestations psychiques de la volonté et de la conscience, peuvent se ramener finalement à des mouvements ou à des modifications qui se produisent dans des substances colloïdales; la croissance et le développement des animaux et des végétaux sont déterminés par des séries définies et compliquées de réactions chimiques superposées, d'où résulte la synthèse de composés définis (nucléines, par exemple) qui ont la propriété d'agir comme ferments dans leur propre synthèse, ce qui explique la continuité de l'espèce; et rien ne s'oppose, du moins jusqu'ici, à ce que l'on tente de préparer de toutes pièces une substance nucléaire qui ait cette propriété et puisse ainsi se multiplier, réalisant ainsi la création artificielle de la matière vivante; ou bien que l'on essaie de provoquer des mutations par des moyens physico-chimiques, réalisant ainsi la formation expérimentale de nouvelles espèces animales ou végétales.

Sans doute, on peut reprocher à Loeb, avec quelque apparence de raison, ses généralisations excessives, sa tendance à chercher une explication chimique immédiate et parfois un peu simpliste à chaque phénomène (par exemple, la montée nocturne des organismes pélagiques, rapportée à un changement de signe de l'héliotropisme dû à une augmentation de la teneur de l'eau en acide carbonique, par suite de la suspension de la fonction chlorophyllienne des algues), mais on admirera une fois de plus, surtout après la lecture de ce livre où son œuvre se présente en un saisissant raccourci, la hardiesse de ses conceptions, la simplicité classique de ses expériences qui ouvrent toutes des champs nouveaux à la recherche, et ont valu à Loeb l'une des premières places parmi les physiologistes modernes.

L. Cuénot,
Professeur à la Faculté des Sciences
de Nancy.

4° Sciences diverses

Direccion general de Instruccion primaria. — La Instruccion primaria en la Republica oriental del Uruguay. — *1 vol. in-8° de 160 p. avec 52 fig., 4 pl. et 1 carte. Barreiro y Cia, Montevideo,* 1914.

Ce petit ouvrage, publié en deux langues : espagnol et anglais, a été écrit à l'occasion de l'Exposition internationale qui vient de s'ouvrir à San Francisco, et où la République de l'Uruguay a exposé un matériel scolaire très important.

Nous avons déjà signalé aux lecteurs de la *Revue*[1] la place en vue qu'a prise ce pays parmi les états de l'Amérique du Sud dans l'organisation de l'instruction publique. Le présent opuscule, en rappelant les diverses phases par lesquelles a passé l'enseignement primaire en Uruguay, indique les derniers perfectionnnements réalisés, en particulier l'institution d'écoles de plein air, et les résultats obtenus, qui font honneur aux autorités scolaires de la République. De nombreuses reproductions de photographies hors texte illustrent très agréablement l'ouvrage.

1. Voir la *Revue* du 30 nov. 1910, p. 958.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 29 Mars 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **de Sparre** : *Etude générale du coup de bélier dans une conduite de diamètre constant.* L'auteur, étudiant la propagation du coup de bélier le long de la conduite, montre que, pour les hautes chutes, la partie supérieure de la conduite sera, en général, beaucoup plus menacée par le coup de bélier que celle qui avoisine le distributeur. Lorsqu'on ouvre le distributeur, il se produit d'abord un coup de bélier négatif, dont on n'a pas à se préoccuper au point de vue de la résistance de la conduite; il peut, non pas toujours, mais dans certaines conditions, être suivi d'un coup de bélier positif. Ce coup de bélier positif d'*ouverture* ne peut, dans aucun cas, dépasser le quart de la pression statique, mais il peut atteindre cette limite. Il est d'autant plus dangereux qu'on ne peut, pour y parer, avoir recours au système de *by-pass* ou d'ouvertures compensées, qu'on emploie souvent pour éviter le coup de bélier de fermeture. — M. **J. Comas Solà** : *Sur certains déplacements rapides et de courte durée, enregistrés par la photographie.* L'auteur, après une année de photographie d'étoiles avec double pose, a constaté que plusieurs d'entre elles (environ 1 sur 10.000) présentent un déplacement. En général, les étoiles de ce genre se trouvent groupées dans les diverses régions célestes. On n'observe aucune périodicité dans ces déplacements, qui ont lieu dans tous les sens; une seule étoile a montré sur les plaques deux fois un déplacement semblable. On compte un certain nombre d'étoiles variables parmi les étoiles à déplacements; il semble même, dans ce cas, que le minimum corresponde aux moments du déplacement de l'étoile. Presque toutes ces étoiles à déplacements sont de la 11e à la 14e grandeur. Ces déplacements pourraient être dus au passage, devant les étoiles, de masses gazeuses obscures, assez diaphanes et douées d'un certain pouvoir réfringent.

2° Sciences physiques. — M. **F. Dussaud** : *Sources lumineuses à surface réduite.* Grâce à de nouveaux dispositifs de refroidissement, l'auteur a réussi, sans risque d'éclatement, à augmenter dans une notable proportion le rendement de ses sources lumineuses à surface réduite (lampes à incandescence à filament de tungstène enroulé en spirales très rapprochées) par un notable rapprochement de la source lumineuse et du système optique à court foyer. Avec survoltage, les sources lumineuses de 32 à 4.000 bougies peuvent donner facilement 320 à 40.000 bougies; leur durée normale, qui est d'un millier d'heures, est, il est vrai, abaissée d'autant. Le survoltage est tout indiqué pour les appareils d'éclairage destinés à la photographie de nuit, aux télégraphes optiques, aux phares, aux projecteurs. — M. **O. Bailly** : *Sur la constitution de l'acide glycérophosphorique de la lécithine.* Conformément aux prévisions de Fourneau et Piettre, l'auteur démontre que la lécithine de l'œuf est constituée par un mélange d'au moins deux isomères, dérivés des acides glycérophosphoriques α et β, le premier dans la proportion d'un quart seulement. — M. **E. Kayser** : *Contribution à l'étude des ferments du rhum.* La *Revue* publiera prochainement un article de l'auteur sur ce sujet.

3° Sciences naturelles. — M. **G. Tizzoni** : *Sur la nature infectieuse de la pellagre. Résultats de recherches faites en Italie et en Bessarabie.* Les résultats bactériologiques obtenus sur les pellagreux de Bessarabie sont identiques à ceux qui ont été obtenus en Italie : on a pu isoler du sang, du liquide céphalo-rachidien et des organes des pellagreux russes des cultures qui, par leurs caractères morphologiques, biologiques et bactériologiques, par leur action pathogène, par leur polymorphisme et l'extrême mutabilité des caractères, sont parfaitement comparables à celles qu'on avait déjà obtenues en Italie. Il existe des cas de pellagre qui n'ont certainement aucun rapport avec le maïsisme. La mutabilité du germe de la pellagre porte autant sur ses caractères morphologiques que sur ses caractères biologiques; dans certaines cultures, il est possible de suivre toutes les phases de transition d'une forme microbienne à l'autre, de sorte qu'on peut affirmer d'une manière indiscutable l'unicité de l'espèce microbienne. — M. **Guépin** : *Destruction, par suppuration et ablation, d'une notable partie du cerveau sans aucun trouble apparent consécutif.* Un soldat, atteint d'une plaie au crâne par éclat d'obus, a pu perdre, tant par le fait de la résection deux fois répétée de l'encéphalocèle que de la suppuration et de la hernie encore existante de son hémisphère gauche, au moins le tiers de cet hémisphère (tiers postérieur), et il ne présente aucun trouble de mobilité, de sensibilité générale ou spéciale, ni même d'intellectualité. — M. **P. Delbet** : *La symphyse cardiothoracique extra-péricardique.* L'auteur arrive aux conclusions suivantes : 1° La symphyse intra-péricardique pure trouble peu le fonctionnement du cœur; 2° Les symptômes attribués à la symphyse intra-péricardique sont dus en réalité à la symphyse extra-péricardique et peuvent exister alors que la séreuse est libre, voire même distendue par un épanchement; 3° Sans adhérences intra ou extrapéricardiques, l'oblitération des culs-de-sac pleuraux, la sclérose des languettes pulmonaires peuvent entraîner la dilatation du cœur droit. — M. **H. Busquet** : *Action pharmacodynamique comparée de l'or à l'état colloïdal et à l'état de sel soluble.* Sur le cœur isolé de lapin, l'or colloïdal produit, à dose convenable, un renforcement cardiaque extrêmement énergique. A la même dose, l'or dissous sous forme de chlorure arrête la circulation coronaire et trouble profondément le fonctionnement du cœur. Sur le chien, *in vivo*, l'or colloïdal, à la dose de 3 à 5 mgr. par kilogr., diminue la fréquence des battements, augmente considérablement leur amplitude et élève la pression artérielle maxima. A la même dose, l'or dissous accélère le cœur, diminue son amplitude, provoque une chute de la pression artérielle et peut occasionner la mort immédiate de l'animal. Il est intéressant de mettre en parallèle cette toxicité de l'or dissous avec l'innocuité de l'or colloïdal.

Séance du 6 Avril 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **E.-L. Bertin** : *Calcul de l'augmentation de vitesse ou de distance franchissable pouvant être obtenue par l'accroissement des sous-marins.* Si l'on admet que l'augmentation de la fraction de poids de la coque est proportionnelle à la racine sixième du déplacement, on arriverait pour les sous-marins de 1.000 tonnes en surface à une distance franchissable de 2.600 milles à 17 nœuds de vitesse. Au delà du déplacement de 1.000 tonnes, la distance franchissable continuerait à croître, bien que lentement, et n'aurait même pas rencontré son maximum à 2.000 tonnes de déplacement. En faisant porter le bénéfice des agrandissements sur une augmentation de vitesse, la distance franchissable restant constante à 1.050 milles, le maximum de vitesse atteindrait 19,7 nœuds en surface pour un déplacement de 1.000 tonnes. — M. **G. Bigourdan** : *Les ondulations instrumentales des images : leurs variations diurne, annuelle, et leur relation avec l'état général de l'atmosphère.* Les

images focales des astres ou des objets terrestres, fournies par des lunettes ou des télescopes un peu puissants, sont toujours animées de mouvements irréguliers qui jouent un rôle important dans la précision des mesures astronomiques : ce sont les ondulations instrumentales des images. Ces ondulations sont soumises à deux variations bien nettes : l'une diurne et l'autre annuelle, et la seconde au moins est en relation avec l'état général de l'atmosphère. Ce sont là des faits auxquels doivent avoir égard ceux qui se préoccupent de la reconnaissance des stations les plus favorables pour les opérations astronomiques. — M. J. **Bosler** : *Sur la rotation de la couronne solaire.* L'auteur a utilisé, avec M. H.-G. Bloch, la nouvelle raie rouge qu'ils ont découverte dans la couronne solaire, au cours de l'éclipse du 21 août 1914, pour déterminer la vitesse de rotation de la couronne. Les longueurs d'onde de cette raie, déterminées simultanément sur les bords E et W de la couronne, diffèrent de 0,16 A, ce qui correspond à une rotation directe de 3, 7 km.; la fente étant inclinée de 18° environ sur l'équateur solaire, on a, pour la vitesse équatoriale, 3,9 km. environ. Cette vitesse paraît exacte à 25 ou 30 °/₀ près.

2° Sciences physiques. — MM. **Belot** et **Max. Ménard** : *De l'emploi du tube Coolidge dans les applications médico-chirurgicales des rayons X.* Les auteurs ont étudié les propriétés du tube Coolidge, qui est basé sur un principe nouveau et fonctionne par décharge d'électrons indépendants. Ses avantages sont : la régularité de son fonctionnement, la longue durée de cette régularité (1h. 20 min. avec 4 milli-ampères et 45.000 volts), la possibilité de régler la marche du tube sans modifier son état de vide, la fixité du point d'impact sur la cathode, l'homogénéité du faisceau des rayons X. Il réalise un très grand perfectionnement sur les tubes actuellement en usage et est tout particulièrement approprié aux applications médico-chirurgicales des rayons X. — M. J. **Bergonié** : *Recherche et localisation des projectiles magnétiques par l'électro-aimant actionné au moyen du courant alternatif.* L'inducteur d'une forte bobine hors d'usage, animé par du courant alternatif, ou même du courant continu ayant traversé un interrupteur pour rayons X, ou branché sur une phase de courant triphasé, peut servir, par les vibrations provoquées dans les parties voisines, à déceler et localiser un projectile magnétique, inclus dans les tissus vivants. Le chirurgien peut se renseigner lui-même, par la perception sous le doigt des vibrations induites, et être guidé ainsi, avant et pendant l'acte opératoire, sur le projectile à extraire. — M. **D. Berthelot** : *Sur le coefficient de température des réactions photochimiques.* L'auteur a déterminé le coefficient de température de la décomposition photochimique du lévulose (il est de 1,035 entre 40° et 70°) et celui de la réaction photochimique du perchlorure de fer sur l'acide oxalique (il est de 1,01 entre 21° et 61°). La faiblesse de ces coefficients de température contraste avec leur grandeur pour les réactions chimiques ordinaires. Si les réactions photochimiques sont peu sensibles à la température, en revanche elles le sont beaucoup à la fréquence vibratoire, qui joue ici le même rôle que la température dans les réactions chimiques ordinaires.

3° Sciences naturelles. — MM. **P. Delbet** et **H. Vaquez** : *De la chondrectomie dans certaines dilatations irréductibles du cœur droit.* Les auteurs ont pensé que dans certaines dilatations du cœur droit, provenant de la sclérose des languettes pulmonaires (voir séance précédente), la chondrectomie pourrait atténuer notablement les troubles fonctionnels. Chez un malade de 34 ans, atteint d'insuffisance cardiaque droite à la suite de pleurésies doubles, la résection des 3e, 4e et 5e cartilages droits avec l'extrémité de la côte correspondante a amené une guérison à peu près complète, avec reprise du travail. — M. **L. Guignard** : *Sur la formation du pollen.* Les deux modes de formation des grains de pollen, bipartition successive ou quadripartition simultanée de la cellule-mère, sont considérés comme caractères distinctifs, le premier des Monocotylédones, le second des Dicotylédones. Cependant, on a déjà noté plusieurs exceptions, en particulier chez les Orchidées. L'auteur en signale de nouvelles chez les Liliacées (genres *Aloe*, *Haworthia*, *Gasteria* et *Apicra*) et chez toutes les Iridées qu'il a étudiées, où la quadripartition simultanée est la règle, comme chez les Dicotylédones. — M. **H. Coupin** : *Sur la résistance à la salure des Bactéries marines.* Les Bactéries marines, seules peut-être parmi les êtres aquatiques, jouissent d'une tolérance très large pour la teneur de l'eau en Na Cl, puisqu'elles peuvent, d'un côté, supporter de 8 à 16 °/₀ de sel marin, et de l'autre se contenter de 0,3 à 0,2 °/₀ du même sel. On remarque également qu'elles s'adaptent proportionnellement mieux à la sous-salure (10 fois moindre) qu'à la sursalure (3 à 6 fois plus forte); ces adaptations se font d'ailleurs d'emblée, dès la première culture, et s'accroîtraient probablement par une accoutumance lente et progressive. — M. **C. Sauvageau** : *Sur le développement et la biologie d'une Laminaire* (*Saccorhiza bullosa*). L'auteur est parvenu à suivre l'évolution totale du *Saccorhiza bullosa* dans le golfe de Gascogne où il est accessible, lors des fortes marées, sur les rochers exposés; le développement est direct, sans intercalation d'un protoméma.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 23 Mars 1915

M. **Gilbert Ballet** : *Sur les mesures à prendre contre l'alcoolisme.* La loi récemment votée par la Chambre et par le Sénat prohibant à la fois l'absinthe et les liqueurs similaires, il importe de préciser la définition de ces similaires. On doit considérer comme similaire de l'absinthe les liqueurs qui présentent une nocivité comparable à celle de cette boisson. Or la toxicité de l'absinthe relève de deux facteurs : l'alcool, l'essence. La Commission spéciale de l'Académie propose d'évaluer la nocivité des spiritueux : 1° par leur degré alcoolique; 2° par le poids d'essence qu'ils renferment multiplié par 10. Ainsi une liqueur titrant 30 degrés d'alcool et 1 gr. 2 d'essence aurait une nocivité égale à $30 + 1,2 \times 10 = 42$. Un cognac du titre de 42, avec 0,2 gr. d'essence, ressortirait à 44; c'est le titre moyen des eaux-de-vie commerciales. La Commission pense qu'il y aurait lieu de demander l'interdiction de toute liqueur dont le degré de nocivité dépasserait 50 au maximum, sans préjudice des mesures de réglementation visant la vente de celles qui ont un titre inférieur. — M. **F. Widal** : *A propos de la vaccination antityphoïdique.* L'auteur a répété les expériences entreprises autrefois avec M. Chantemesse sur l'immunisation contre l'infection typhique à l'aide d'un vaccin stérilisé par la chaleur. De nombreux essais concordants montrent que le sérum des animaux injectés en quantité suffisante avec des cultures typhiques chauffées aux températures de 100°-120° acquiert des propriétés immunisantes. — M. **Orticoni** : *Prophylaxie des gelures aux pieds.* L'auteur conclut de sa pratique que les gelures des pieds constatées chez les soldats sont dues à des phénomènes de macération des tissus favorisés par la compression. Comme il est impossible de régler la durée du séjour dans les tranchées à la mesure de la résistance tégumentaire ou circulatoire des hommes qui les occupent, le simple graissage des pieds doit être recommandé comme un procédé prophylactique efficace. Ce graissage, au suif ou avec une pommade à la lanoline, pratiqué régulièrement dans un corps d'armée, a diminué le nombre des gelures dans une proportion considérable.

Séance du 30 Mars 1915

M. **Ed. Delorme** : *Sur la fréquence des troubles des organes des sens, en particulier de la vision, dans les blessures de la tête par les projectiles.* L'auteur a été frappé, chez les soldats atteints de traumatismes cranio cérébraux, de la fréquence très grande des troubles

visuels, qui s'observent quel que soit le point du crâne frappé; les troubles auditifs sont également habituels, plus particulièrement à la suite des traumatismes du vertex ou des confins de la région temporale. Les troubles oculaires consistent communément en une diminution de l'acuité visuelle avec ou sans rétrécissement concentrique du champ visuel; l'hémianopsie est exceptionnelle. Les troubles de l'ouïe consistent en général en diminution de l'acuité auditive avec bourdonnements. Les troubles de l'olfaction et de la gustation sont des troubles de déficit. Il est probable que les troubles immédiats sont dus aux violences subies directement par les centres sensoriels de l'écorce ou par les nerfs, ou encore à la commotion hydrique arachnoïdienne. Certains des troubles consécutifs sont vraisemblablement liés à des processus infectieux méningo-encéphaliques.

Séance du 6 Avril 1915

M. **E. Ginestous** : *De l'aptitude visuelle au service militaire. L'acuité visuelle* a une importance prépondérante. D'après les dernières instructions, l'acuité visuelle exigée pour le service armé doit être au moins égale à 1/2 pour un œil et à 1/20 pour l'autre œil, après correction, s'il y a lieu, par les verres sphériques. Sont versés dans les services auxiliaires les jeunes gens dont l'acuité visuelle, après correction, s'il y a lieu, par les verres sphériques, est au moins égale à 1/4 pour un œil, celle de l'autre étant inférieure à 1/20 ou même complètement abolie, sous la réserve toutefois de l'élimination absolue de tous les borgnes présentant une difformité apparente. L'auteur pense qu'on pourrait accepter non seulement pour le service auxiliaire, mais pour le service armé, les hommes dont la vision d'un œil est complètement abolie; ceux-là sont susceptibles de faire d'aussi bons soldats et même de meilleurs tireurs que les autres, la vision monoculaire étant seule utile et profitable pour la précision du tir. En ce qui concerne les *amétropies*, la myopie ne dépassant pas sept dioptries, l'hypermétropie sans aucune limite sont compatibles avec le service armé, à la condition que l'acuité visuelle soit ramenée par des verres correcteurs sphériques aux limites réglementaires. L'auteur estime qu'on pourrait reculer la limite de la myopie en tenant compte de l'acuité visuelle. On sait que la correction de l'astigmatisme, admise autrefois par les verres sphériques seulement, est autorisée aujourd'hui par les verres cylindriques simples. Il serait nécessaire d'adjoindre aux conseils de revision et de réforme des ophtalmologistes de carrière.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 20 Mars 1915

M. **E. Gley** : *Sur la toxicité du sérum sanguin de lamproie.* L'auteur a étudié l'action des injections de sérum sanguin de lamproie sur la grenouille, le lapin et le chien; les troubles sont généralement légers et disparaissent assez rapidement. Il résulte de ces faits que l'on aurait tort de penser que la toxicité d'un sérum est en rapport inverse avec le degré d'organisation de l'animal duquel provient ce sérum; ce ne sont nullement les Poissons les moins élevés qui ont le sang le plus toxique. — MM. **A. Frouin** et **H. Agulhon** : *Action favorisante des sels de terres rares sur le développement du bacille tuberculeux.* Les sels de terres rares favorisent le développement du bacille tuberculeux et l'action favorisante augmente avec la température de 31-32° à 41-42°. L'action favorisante est plus grande à la dose de 1/20.000 qu'à 1/4.000. Ces augmentations de rendement aux températures de 36° à 40° sont considérables, puisque le poids du microbe est augmenté de 30 à 200 %. Ces augmentations, qui se rapportent à des cultures de 35 à 55 jours, sont en quelque sorte des minima; au bout de 12 à 20 jours, on a des rendements de 20, 50 ou 100 fois ceux des témoins placés dans les mêmes conditions de temps et de température. — M. **G. Roussy** : *Sur le mode de récupération de la sensibilité après suture ou libération des nerfs périphériques pour blessures de guerre.* En suivant, chez un certain nombre de malades opérés pour section ou compression d'un nerf par blessure de guerre, le mode de retour de la sensibilité, l'auteur a observé que la réapparition de la sensibilité ne se fait pas dans un même temps pour toute l'étendue de la zone atteinte, mais bien suivant un processus qui semble être le même dans les différents cas étudiés. La zone anesthésique ou hypoesthésique diminue d'étendue en rétrécissant ses limites dans un sens donné pour un nerf déterminé. Il semble que l'anesthésie se retire, en quelque sorte, comme le fait la mer sur le sable en marée descendante. — M. **J. Nageotte** : *Membranne de Schwann, membranes juxtamyéliniques interne et externe.* L'auteur a constaté qu'il existe à la surface de la gaine de myéline une membrane qui a été vue par de nombreux auteurs, mais qui a toujours été confondue avec la gaine de Schwann, bien qu'elle en soit absolument distincte. Cette membrane ne subit pas d'interruption aux étranglements; c'est elle qui se colore vivement par l'hématéine et par l'hématoxyline après fixation. De plus, il existe à la face interne de la gaine de myéline, restée incolore, une autre membrane, d'aspect identique à la première, qui n'est autre que la gaine du cylindraxe ou névrilemme interne de Boveri. — M. **F. Moreau** : *La division des mitochondries et ses rapports avec les phénomènes de sécrétion.* L'auteur conclut que les mitochondries sont des éléments permanents du protoplasma, qui assurent leur permanence dans les cellules par des phénomènes de division; elles obéissent à la loi de Duesberg: Tout chondriosome provient d'un chondriosome antérieur. Le processus sécrétoire et le phénomène de division s'excluent chez les mitochondries, et l'on peut appliquer à ces dernières une règle dont l'énoncé rappelle la loi de Prenant pour les cellules : Toute mitochondrie qui se divise ne sécrète pas, toute mitochondrie qui sécrète devient inapte à se diviser. — MM. **Ch. Aubertin** et **H. Chabanier** : *Résistance comparée des globules du sang et de la pulpe splénique aux solutions alcalines diluées.* Si la rate avait un simple rôle d'arrêt des globules sanguins déjà altérés, la résistance maxima des hématies qui traversent la rate ne devrait pas, semble-t-il, être modifiée. Le fait, constaté par les auteurs, que toutes les hématies sont fragilisées dans la rate, semble donc en faveur d'un rôle érythrolytique à proprement parler de cet organe.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 19 Mars 1915

M. **Léon Bloch** : *Quelques remarques sur l'absorption et la résonance des gaz.* L'auteur commence par rappeler la distinction qu'il convient de faire, conformément aux idées de Planck, entre l'*absorption vraie* et l'*absorption apparente.* La première seule est accompagnée d'une transformation d'énergie électromagnétique en chaleur. La seconde, qui mérite plutôt le nom de diffusion ou de diffraction, est un phénomène réversible, au moins en principe, et ne donnant lieu à aucune élévation de température. Parmi les mécanismes qui ont été proposés pour expliquer l'absorption vraie dans le cas des gaz, le plus simple est celui qu'a imaginé Lorentz, et qui se fonde sur l'échange d'énergie cinétique entre les molécules au moment du choc. Malgré les difficultés signalées par Lorentz lui-même, il semble bien que, dans un certain nombre de cas, la théorie cinétique fournisse, en première approximation, une explication plausible des faits. C'est ce qui résulte, entre autres choses, de la discussion des résultats de Kreusler, de Füchtbauer, Schell et Hoffmann. L'absorption apparente est due au rayonnement. Si l'on admet, conformément aux idées modernes, la présence dans les milieux dispersifs d'électrons susceptibles d'être mis en vibration, c'est

une conséquence nécessaire des théories électroniques que l'énergie lumineuse incidente soit partiellement réémise par rayonnement. L'intensité de ce rayonnement est très différente selon qu'on se trouve loin ou près de la résonance. I. Loin de la résonance, il est facile de voir que, dans les conditions expérimentales usuelles, l'absorption par rayonnement est négligeable. Toutefois, en utilisant des sources très intenses, on a pu récemment la mettre en évidence au moyen d'une expérience de laboratoire (Cabannes). Mais, malgré sa petitesse, l'effet devient sensible dans un cas exceptionnel; c'est celui où nous pouvons opérer sur une colonne gazeuse très longue (atmosphère). Ici se placent les vérifications très importantes de la théorie du bleu du ciel de Lord Rayleigh, parmi lesquelles les plus précises, celles de Fowler, permettent de conclure à l'exactitude *quantitative* de la théorie du rayonnement. Dans le domaine de transparence de l'air, l'absorption est tout entière apparente. Le résultat qui précède donne lieu à deux remarques : 1° Il semble bien qu'au voisinage des régions d'absorption sélective, l'absorption de l'air (oxygène) soit de l'absorption vraie, c'est-à-dire qu'il y ait transformation d'énergie vibratoire en énergie de translation au moment des chocs. D'autre part, dans les régions de transparence, l'échange d'énergie au moment des chocs est nul. On peut conclure de là, au moins avec une certaine vraisemblance, que le mécanisme des collisions moléculaires est sous la dépendance étroite de l'état vibratoire interne; 2° En se fondant sur l'analogie, on peut admettre que les autres gaz transparents se comportent comme l'air, c'est-à-dire que la dissipation d'énergie s'y fait par rayonnement seul. On peut alors utiliser les données expérimentales sur la *réfraction* et la *dispersion*, pour *calculer* les coefficients d'*absorption* relatifs à une longueur d'onde quelconque prise dans la région de transparence. M. Bloch a fait ce calcul pour les gaz dont M. Cuthbertson a donné la formule de dispersion (Air, O, Az, H, P, S, Hg, Ae, Na, Ar, Kr, Xe), et obtenu ainsi des indications probables sur l'ordre de grandeur de coefficients d'absorption qu'il paraît impossible de mesurer directement. II. La diffusion par rayonnement, qui a lieu en raison inverse de la quatrième puissance de la longueur d'onde, ne présente par elle-même aucun caractère sélectif. Mais il est intéressant de rechercher ce qu'elle devient lorsqu'on s'approche de plus en plus de la résonance. Le caractère sélectif de la résonance moléculaire se traduit par une modification progressive de la formule de Lord Rayleigh, qui, au lieu d'une diffusion proportionnelle à $\frac{1}{\lambda^4}$, finit par donner une diffusion proportionnelle à λ^2. Le résultat s'établit sans difficulté en utilisant un mode de calcul inspiré des notations de Drude et qui a déjà conduit Langevin à l'établissement de la formule de Rayleigh dans le cas où l'on suppose l'absorption très faible. On trouve finalement qu'à la résonance exacte, le « rapport de dissipation », c'est-à-dire le rapport de l'énergie diffractée par une molécule durant l'unité de temps à l'énergie qui passe durant le même temps à travers l'unité de surface, s'écrit :

$$(1) \qquad I = \frac{3}{2\pi}\lambda^2.$$

Cette formule est identique à celle qui été trouvée par Lamb, au moyen d'une analyse mathématique compliquée, pour le rapport de dissipation d'une sphère à pouvoir inducteur très élevé vibrant suivant un mode très voisin de la période de son premier harmonique sphérique. Il est important de noter que la formule (1) doit subir une correction quand on adopte la théorie plus rigoureuse de Planck-Lorentz. On voit aisément qu'il faut écrire alors :

$$(2) \qquad I = \frac{3}{2\pi}\lambda^2 \frac{1}{1+\left(\frac{1}{3}\frac{N\theta\tau}{a}\right)^2}.$$

et le terme correctif n'est négligeable que si l'absorption, mesurée par le produit n^2k, est d'un ordre inférieur à l'unité. Si l'on admet la validité de la théorie électronique, l'absorption apparente exigée par la formule (1) représente le minimum d'absorption possible au centre d'une raie spectrale. Cette absorption peut, suivant les cas, se compléter par l'absorption vraie corrélative d'effets thermiques. Il sera possible d'observer la diffusion de lumière due au rayonnement, chaque fois qu'elle sera suffisamment intense sans être masquée ou détruite par l'absorption vraie. C'est le cas qui semble réalisé dans la résonance optique de la vapeur de mercure, découverte par Wood, et dans celui de la résonance de la vapeur de sodium, également découverte par Wood, et étudiée par Wood et Dunoyer.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 11 *Février* 1915

Sciences naturelles. — MM. **T. Lewis** et **M. A. Rothschild** : *Le processus excitatoire dans le cœur du chien. II. Les ventricules.* 1° L'onde d'excitation apparaît à la surface péricardique du cœur du chien à des intervalles qui ne présentent pas une grande variation l'un par rapport à l'autre; la distribution des valeurs du temps sur la surface avec leurs variations éventuelles est très constante d'un cœur à un autre. 2° Le moment où l'onde d'excitation apparaît à la surface est contrôlé par la longueur du faisceau de Purkinje jusqu'à l'endocarde au-dessous de la région étudiée, et par l'épaisseur du muscle ventriculaire dans la même région. 3° L'onde d'excitation ne se propage pas par simple extension de la base au sommet ou du sommet à la base à travers les bandes de fibres musculaires, comme on le croyait jusqu'à présent. 4° La capacité de conduction du tissu cardiaque strié paraît en relation avec les dimensions des cellules qui le composent et avec sa teneur en glycogène. 5° Le faisceau auriculo-ventriculaire et ses branches constituent un système de fibres spécialement aptes, étant donnés leur arrangement et leurs propriétés physiologiques, à assurer une distribution rapide de l'onde d'excitation dans toutes les parties du ventricule. — M. **A. J. Walton** : *La variation de croissance du tissu des mammifères in vitro suivant l'âge de l'animal.* Des travaux antérieurs ont montré que le plasma des animaux varie considérablement au point de vue de sa valeur comme milieu pour la culture des tissus. L'auteur a recherché si ces différences sont dues à l'âge de l'animal qui fournit le plasma. Il a employé les tissus et le plasma de lapins d'âges connus pour la plupart. Des tissus d'animaux jeunes et vieux étaient cultivés dans le plasma pur des mêmes animaux. Dans tous les cas, les tissus jeunes croissent mieux que les vieux, mais le plasma des jeunes animaux ne constitue pas un milieu tout-à-fait aussi satisfaisant que celui des vieux animaux. Les meilleurs résultats sont donc obtenus quand les jeunes tissus sont cultivés dans le plasma des vieux animaux et est plus mauvais quand les vieux tissus croissent dans le plasma jeune.

Séance du 18 *Février* 1915

Sciences physiques. — M. **S. Chapman** : *La variation magnétique diurne lunaire et son changement avec la distance de la Lune.* Balfour, Stewart et Schuster ont développé une théorie des variations magnétiques diurnes solaires, qui attribue celles-ci aux courants électriques de l'atmosphère supérieure dus aux f. é. m. produites par le mouvement de l'air à travers le champ magnétique permanent de la Terre. La conductivité atmosphérique est supposée due totalement ou en partie à l'influence solaire et varie avec l'angle horaire du Soleil. Cette théorie paraît s'appliquer aussi aux variations magnétiques diurnes lunaires, qui possèdent une composante semi-diurne de phase constante, avec d'autres composantes dont les époques dépendent de la distance angulaire entre la Lune et le Soleil; aussi, quand

on fait la moyenne sur une lunaison, toutes les composantes, excepté la première, disparaissent. L'influence solaire supposée sur la conductivité atmosphérique reçoit ainsi une confirmation, et une oscillation atmosphérique semi-diurne — une sorte de marée atmosphérique lunaire — paraît être la source des variations magnétiques. Avant que cette théorie n'ait été développée, Brown avait déjà trouvé que l'amplitude de la composante magnétique semi-diurne au périgée est à la même amplitude à l'apogée dans le rapport des (distances lunaires)$^{-3}$ aux mêmes époques, — « comme dans la théorie des marées », ajoute-t-il incidemment; mais Figee a combattu cette conclusion. L'auteur discute les preuves directes pour et contre l'origine due aux marées de ces variations magnétiques. Il confirme l'hypothèse globale, quoique, par suite des erreurs accidentelles affectant les faibles quantités en discussion, la loi exacte de la (distance)$^{-n}$, où $n = 3$, ne soit pas hors de doute; mais, si n doit être nécessairement un nombre entier, il est certainement égal à 3 plutôt qu'à 2 ou à 4. Les recherches ont également révélé un changement de phase inattendu du terme semi-diurne, la phase au périgée étant d'environ 30° en avance sur celle de l'apogée. — M. **W. M. Hicks** : *Les orbites d'une particule chargée autour d'un noyau électrique et magnétique.* L'auteur discute deux problèmes : les orbites des particules α et les orbites des électrons autour de noyaux contenant une masse, un nombre défini n de charges électroniques positives et un nombre défini N de magnétons co-axiaux, le mouvement ayant lieu dans leurs plans équatoriaux. Il trouve qu'il peut exister des systèmes combinés (atomes) avec des particules α dans lesquels la particule α tourne en connexion permanente avec le noyau, pourvu que l'énergie interne de l'atome soit plus grande qu'une certaine valeur critique, et qu'il existe des états d'instabilité « radioactive » dans lesquels, après une combinaison de longue durée, la particule α est rejetée à l'infini. La vitesse exacte d'émission dans chaque cas dépend des valeurs de n et N, mais elle est de l'ordre de grandeur de la vitesse d'émission des rayons α par le radium. Dans le cas des orbites électroniques, en outre des systèmes combinés à énergie interne moindre que celle qui vient de l'infini, il peut exister aussi des systèmes permanents dans lesquels l'énergie interne est plus grande que celle de l'infini, quoique moindre qu'une certaine valeur critique, et dans lesquels se présentent de nouveau des états d'instabilité « radioactive ». Il est difficile de formuler actuellement une théorie définie de la structure nucléaire de l'atome; avant que ce soit possible, l'imagination scientifique devra être guidée par une connaissance définie des propriétés d'un certain nombre de cas spéciaux susceptibles d'analyse mathématique exacte. — M. **W. A. Bone** : *Combustion gazeuse aux hautes pressions.* On fait exploser des mélanges de méthane avec moins de son volume d'oxygène dans des bombes d'acier à des pressions initiales comprises entre 8 et 32 atmosphères. Les résultats sont d'accord avec la théorie de l'hydroxylation de l'auteur pour la combustion des hydrocarbures. Les résultats d'expériences sur un mélange équimoléculaire d'éthane et d'oxygène, dont le comportement est crucial pour les différentes hypothèses sur la combustion des hydrocarbures, confirment également la théorie de l'hydroxylation. L'auteur a ensuite déterminé expérimentalement les affinités relatives de CH^4, H et CO pour l'oxygène dans les flammes. Il montre que : 1° l'affinité de CH^4 est au moins 20 fois plus grande que celle de H; 2° quand des mélanges correspondant à $CH^4 + O^2 + xH^2$ sont allumés sous de hautes pressions initiales, les pressions partielles du méthane et de l'oxygène étant maintenues constantes et x variant seul, la distribution de l'oxygène entre CH^4 et H varie suivant x^2, ce qui signifie que H est brûlé *directement* en vapeur d'eau dans les flammes d'après la réaction trimoléculaire $2H^2 + O = 2H^2O$, et non (comme on l'a supposé) *indirectement* par l'intermédiaire de H^2O^2. L'affinité de CO pour O dans les flammes est comparable à celle de H. L'auteur a fait exploser des mélanges de $C^2H^4 + O^2 + xH^2$ sous de hautes pressions initiales; il a trouvé qu'on peut augmenter x jusqu'à 8 sans qu'il se dépose du carbone pendant l'explosion.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 25 *Février* 1915

M. **C. Chree** : *Les figures magnétiques « caractéristiques » antarctiques et internationales.* L'auteur emploie les figures magnétiques « caractéristiques » : 0 (jour calme), 1 (jour de trouble modéré), 2 (jour de forte perturbation), pour rechercher si l'apparition des perturbations à la station de base de l'Expédition antarctique Scott (1911-1912) s'accorde ou non avec l'apparition des perturbations aux latitudes modérées, et aussi si la période de 27 jours se retrouve dans les données antarctiques. Une série très complète de courbes magnétiques a été obtenue par les physiciens de l'Expédition antarctique, MM. Simpson et Wright, de février 1911 à novembre 1912. Les figures caractéristiques ont été assignées par l'auteur aux observations de chaque jour et une comparaison a été faite avec les figures internationales correspondantes publiées chaque année à De Bilt (Hollande). L'auteur reconnaît que l'apparition des perturbations dans l'Antarctique concorde bien avec celle de la liste internationale, quoique les perturbations de l'Antarctique soient plus fortes et plus persistantes que celles d'aucune autre station coopérant à l'établissement de la liste internationale. La période de 27 jours est nettement visible dans les observations de l'Antarctique, tant en été qu'en hiver, et son développement y est aussi prononcé que partout ailleurs. — M. **P. E. Shaw** : *L'électrification des surfaces et l'influence de la chaleur.* L'auteur étudie la façon anormale dont se comportent électriquement certaines substances soumises à l'action de la chaleur. Ainsi une tige de verre frottée avec de la soie s'électrise positivement; mais, si la tige est passée à travers la flamme d'un bec Bunsen, ou chauffée dans un four électrique, puis soumise au refroidissement, et si on la frotte de nouveau avec de la soie, le verre s'électrise négativement. Des résultats semblables ont été obtenus avec un certain nombre de substances. Les expériences de l'auteur semblent montrer que ce phénomène n'est pas dû à la formation ou à l'enlèvement de couches d'une substance solide ou gazeuse, mais probablement à des tensions superficielles dans la substance de la tige. — M. **J. W. Nicholson** : *L'inertie électromagnétique et le poids atomique.* L'auteur déduit mathématiquement une formule simple pour la masse combinée de deux charges électriques à proximité l'une de l'autre. Cette masse n'est pas la somme de leurs masses individuelles quand elles sont éloignées, si l'on suppose que toutes les masses d'électricité positive, comme celles des électrons, sont d'origine électromagnétique. L'auteur applique la formule à des questions de constitution atomique et de radioactivité. Il arrive à la conclusion que les noyaux ou anneaux d'électricité positive dans les atomes sont des structures complexes d'électrons et de noyaux positifs encore plus petits. Dans cette hypothèse, l'émission d'une particule α par un atome ne diminue pas sa masse atomique de 4, car une correction est nécessaire pour la « masse mutuelle » de la particule α et le reste du noyau. On peut calculer la grandeur de cette correction pour le radium et le thorium se transformant en plomb par émission de particules. D'après la valeur donnée par Soddy pour le poids atomique du plomb de la thorite, on peut déduire la distance moyenne qui sépare les composants dans un noyau de radium; elle est du même ordre que le rayon d'un électron.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 9 15 MAI 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Mathématiques

La simplification des opérations arithmétiques de l'involution et de l'évolution. — L'addition et la soustraction sont les opérations arithmétiques les plus simples, et l'on peut dire que toute autre opération est complètement simplifiée lorsqu'elle est remplacée par l'une de ces deux. L'invention des logarithmes a complètement simplifié la multiplication et la division, mais elle a seulement réduit l'involution (élévation à une puissance) et l'évolution (extraction d'une racine) à la multiplication et à la division. Dans les sciences appliquées, il existe beaucoup de lois et de formules empiriques où apparaissent des indices fractionnaires, et les calculs en deviennent souvent compliqués et fastidieux. Quoique la solution la plus simple soit d'effectuer dans ce cas la multiplication ou la division des logarithmes par l'addition ou la soustraction de *leurs* logarithmes, personne n'a jusqu'à présent jugé utile de construire une table donnant directement les logarithmes des logarithmes des nombres. La seule tentative dans cette direction est l'invention de la règle à calcul « log-log », dont l'intervalle est limité et l'exactitude des résultats sujette à caution. Ces considérations ont engagé M. E. Chappell à construire une table de ce genre, et il a récemment exposé les principes de son travail devant la Société Royale de Londres[1].

D'abord en ce qui concerne la terminologie, l'auteur emploie à la place de logarithme l'abréviation *log*; puis il propose d'appeler la fonction inverse *illog*. Enfin le logarithme du logarithme sera le *lolog*, tandis que la fonction inverse sera l'*illolog*.

Trois difficultés se présentent lorsqu'on veut construire une table de lologs :

1° Le lolog de l'unité est l'infini, et les différences dans cette région sont très grandes;

2° On ne peut choisir une base telle que tous les nombres ayant la même suite de chiffres aient la même mantisse;

3° Les logs des nombres inférieurs à l'unité sont négatifs, de sorte que les lologs de ces nombres sont les logs de nombres négatifs.

On surmonte la première de ces difficultés en diminuant les intervalles auxquels on donne les valeurs dans le voisinage de l'unité, et le second en limitant l'étendue des tables. On évite la troisième difficulté en négligeant le signe négatif, qui est, après tout, un trait extérieur qui n'affecte pas le résultat numérique de la multiplication ou de la division, dont le signe peut être déterminé indépendamment.

Si l'on désire, par exemple, le lolog de 0,25, on procède comme suit :

$$\log 0{,}25 = \bar{1}{,}39794 = -0{,}60206,$$

d'où

$$\text{lolog } 0{,}25 = \log 0{,}60206 = \bar{1}{,}77964;$$

mais on trouve également que

$$\text{lolog } 4{,}0 = \log 0{,}60206 = \bar{1}{,}77964.$$

Le nombre $\bar{1}{,}77964$ étant donné, la difficulté est de savoir si c'est l'illolog de 4,0 ou de 0,25. Quoique un peu de réflexion permette toujours de décider quelle est la vraie valeur, la nécessité de cette recherche peut conduire à des erreurs et à des incertitudes, qui rendraient incommode l'usage général des tables. Toute incertitude disparaît si l'on imprime les lologs des nombres inférieurs à l'unité sur du papier rouge, et ceux des nombres supérieurs à l'unité sur du papier blanc; on procède de même pour les illologs.

Il est clair, d'après l'exemple qui précède, que deux nombres qui ont des lologs numériquement égaux sont des réciproques. Cette propriété permet de trouver très rapidement les réciproques d'après les tables de lologs et d'illologs.

Considérons maintenant un cas simple d'involution et d'évolution. Si l'on a $A^B = C$, alors $A = \sqrt[B]{C}$. Prenant deux fois le logarithme, on a :

$$\text{lolog } C = \log B + \text{lolog } A,$$

ou

$$\text{lolog } A = \text{lolog } C - \log B.$$

1. *Proc. of the Royal Soc.*, sér. A, t. CXI, n° 628, p. 244 et suiv.

De ces deux équations découlent deux règles simples :

1° Pour élever un nombre à la puissance n, ajouter le log de n au lolog du nombre, et l'illolog de cette somme est le résultat désiré. Il faut chercher l'illolog sur une page de la même couleur que celle sur laquelle on a trouvé le lolog.

2° Pour extraire la n^e racine d'un nombre, soustraire le log de n du lolog du nombre, et l'illolog de cette différence est le résultat désiré. Il faut chercher l'illolog sur une page de même couleur que celle où l'on a trouvé le lolog. Pour éviter entièrement toute confusion, M. Chappell recommande d'écrire à l'encre rouge les lologs lus sur des pages rouges, de même que le résultat de l'addition ou de la soustraction d'un log à ou d'un lolog rouge.

On a vu que les lologs des réciproques sont égaux en grandeur, quoique de couleur différente.

Pour cette raison, des expressions de la forme

$$x^{-a} = \frac{1}{x^a} = \left(\frac{1}{x}\right)^a$$

peuvent être évaluées aussi rapidement que x^a. La règle est :

3° Lorsqu'on opère une involution ou une évolution sur le réciproque d'un nombre, changer la couleur du lolog du nombre lui-même, et procéder exactement suivant la règle 1 ou 2.

L'involution et l'évolution des nombres et de leurs réciproques se présentent si fréquemment que M. Chappell estime que ses tables seront très utiles dans nombre de calculs.

§ 2. — Art de l'Ingénieur

Les problèmes techniques de l'utilisation de la tourbe. — L'extraction et l'utilisation de la tourbe, longtemps abandonnées à la routine, sont entrées depuis un certain nombre d'années dans une phase plus rationnelle, par suite de l'application des méthodes scientifiques à l'étude des problèmes qu'elles présentent. En Allemagne, où les tourbières recouvrent d'assez vastes étendues et peuvent devenir une source de profits importants, l'Ecole Technique supérieure de Hanovre a institué un Laboratoire spécial pour l'étude technique de l'utilisation de la tourbe. Les premiers travaux de ce laboratoire ont paru récemment[1] et apportent quelques contributions intéressantes sur ce sujet.

La préparation rationnelle de la tourbe dépend en première ligne de l'enlèvement, avec les moindres frais, de l'eau qui imprègne la tourbe brute extraite des marais. Si l'on songe que, dans 800 kilogs de tourbe brute, il n'y a que 100 kilogs environ de tourbe sèche, et qu'il faut éliminer près de 700 kilogs d'eau, on comprend la difficulté du problème. Tous les procédés qui se proposent d'éliminer cette eau par chauffage sont à rejeter. Le séchage de la tourbe brute à l'air par évaporation de l'humidité sous l'influence du vent et du soleil ne peut, au point de vue de l'économie, être remplacé par aucun autre procédé. Cette dessiccation à l'air, dans les étés favorables, va jusqu'à un point où la tourbe ne contient plus que 20 à 30 °/₀ d'humidité ; dans les années humides, par contre, on obtient un produit contenant 40 à 50 °/₀ d'eau. On peut toutefois, pour certains besoins spéciaux, préparer une tourbe ne renfermant que 5 à 10 °/₀ d'eau, en utilisant des chaleurs perdues qui sont disponibles parfois en grandes quantités.

Parmi les nombreux procédés qui ont été proposés pour séparer mécaniquement l'eau de la tourbe brute, l'un des plus intéressants repose sur l'observation suivante : lorsqu'on ajoute à la tourbe brute une masse poreuse — par exemple de la poudre de tourbe — on peut éliminer facilement à la presse la plus grande partie de l'eau qu'elle contient. Les frais sont déterminés par la quantité de poudre de tourbe à ajouter ; plus on en dépense, moins le procédé est avantageux. Par exemple, si l'on ajoute 15 °/₀ de poudre de tourbe à la tourbe brute, cette quantité correspond à environ 50 °/₀ de la tourbe sèche fabriquée ; autrement dit une installation pour la préparation de 300 tonnes de tourbe par jour doit pouvoir disposer de 150 tonnes de poudre de de tourbe. Dans la pratique, l'addition doit être bien inférieure pour que le procédé soit avantageux.

Un des produits les plus importants de l'utilisation de la tourbe est le coke de tourbe, qui peut servir de succédané du charbon de bois. Dans la distillation sèche de 100 kilogs de tourbe, on obtient, suivant la qualité de celle-ci et l'appareil employé, de 33 à 40 kilogs de coke. Les substances minérales toujours mêlées à la tourbe, les cendres, se retrouvent à peu près triplées en pour cent dans le coke ; on ne peut donc utiliser qu'une tourbe très pauvre en cendres pour la préparation du coke.

Toutefois, le succès de la transformation de la tourbe, au point de vue financier, ne peut être assuré que si l'on recueille et utilise tous les sous-produits : paraffines, alcool méthylique, acide acétique et ammoniaque. L'extraction de ces produits du goudron et des eaux ammoniacales se fera le mieux dans de petites centrales qui travailleront toute la production d'un district.

§ 3. — Physique

Relation entre le spectre d'émission d'un composé et le spectre d'absorption qu'il fournit en solution. — M. Chapman[1] a récemment appelé l'attention sur une relation qui paraît exister entre le spectre d'un composé volatilisé dans un tube à décharge et les bandes d'absorption que présente le même composé quand il est dissous.

Le composé est introduit dans un tube à décharge de forme ordinaire, muni d'électrodes en aluminium ; on fait le vide et on ferme à la lampe ; on fait passer la décharge d'une bobine d'induction après avoir chauffé le tube pour vaporiser le composé.

Avec l'iodure de mercure HgI^2, on scelle le tube quand la pression est réduite à 0,08 millimètre. Avant qu'on chauffe le tube, le spectre de la décharge présente les lignes du mercure et de l'iode, ainsi que celles de l'air résiduel. Après que l'iodure de mercure a été vaporisé par une élévation de température, le caractère de la décharge change radicalement ; elle prend une couleur violette intense et son spectre renferme, outre les lignes du mercure et de l'iode, une bande brillante comprise entre les longueurs d'onde 4420 A et 4450 A, qui va s'estompant à ses extrémités. On étudie l'absorption exercée sur les radiations d'une lampe Nernst par une solution contenant pour 100 gr. d'eau, 10,60 gr. d'iodure de mercure et 11,18 gr. d'iodure de potassium (l'iodure de potassium est nécessaire pour que l'iodure de mercure puisse exister en solution). Le spectre d'absorption révèle l'existence d'une bande noire qui correspond assez exactement à la bande d'émission signalée plus haut.

Des expériences analogues ont été faites sur l'iodure stannique, SnI^4, l'iodure ferreux FeI^2 et ont fourni des résultats identiques.

Les propriétés physiques du sélénium. — Il est important de savoir si la sensibilité du sélénium pour la lumière existe dans un cristal homogène ou ne se rencontre que dans les assemblages de cristaux. M. Brown[2] a pu, par sublimation, obtenir des éléments homogènes assez volumineux pour se prêter à une étude.

Le sélénium vitreux qu'on désire transformer est

1. *Arbeiten des Lab. für die technische Moorverwertung an der K. techn. Hochschule zu Hannover.* Tome I. 1 vol in 8° de 102 p. avec fig. F. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1914.

1. *Physical Review*, juillet 1914.
2. *Physical Review*, (2), t. IV, p. 96; août 1914.

placé à l'une des extrémités d'un tube de verre de 35 mm. de diamètre et de 30 à 60 cm. de longueur; le tube est disposé à l'intérieur d'un four électrique à résistances de 30 cm. de longueur, dont l'une des extrémités est bouchée; les portions du tube situées au voisinage de l'extrémité ouverte du four sont le siège de variations notables de la température. Dans ces régions se déposent une multitude de cristaux, dont quelques échantillons sont assez volumineux: ces cristaux appartiennent à des systèmes divers.

Tous ces cristaux ont l'éclat métallique. Des lames de 0,2 millimètre d'épaisseur se laissent assez bien traverser par la lumière, et il ne serait sans doute pas impossible, pour des échantillons bien homogènes, qu'une transparence relative soit observée jusqu'à des épaisseurs de plusieurs millimètres. Tous les échantillons, sauf un, ont présenté le phénomène de la double réfraction.

On sait, depuis 1905, que la conductivité du sélénium cristallisé s'accroît sous l'effet de la pression. M. Brown a repris cette étude; un petit cristal est placé entre deux surfaces métalliques sur l'une desquelles on peut disposer des poids, et un courant électrique traverse le système dans le sens où la pression s'exerce. Dans l'obscurité, un accroissement de pression de 180 atmosphères augmente la conductivité de 120 fois sa valeur. A la lumière, la conductivité est toujours plus grande; pour des pressions allant jusqu'à 180 atmosphères, l'accroissement Δc de la conductivité quand on passe de l'obscurité à la lumière est proportionnel à la valeur c de la conductivité dans l'obscurité : $\left(\frac{\Delta c}{c} = \text{const.}\right)$

Pour expliquer cette propriété, l'auteur admet l'existence, à l'intérieur des cristaux de sélénium, d'un nombre de centres conducteurs isolés qui soit une fonction de la pression. Quand la pression augmente, un certain nombre de ces centres s'approchent jusqu'au contact, ce qui donne la raison de l'accroissement de conductibilité observé. Si un éclairement donné produit un nombre déterminé de nouveaux centres, ceux-ci formeront la liaison entre un nombre de centres déjà existant qui sera proportionnel au nombre même de ces centres : l'accroissement de conductibilité sera donc proportionnel à la conductibilité que possède le sélénium dans l'obscurité. Néanmoins, si, par l'effet de la pression, un très grand nombre de centres étaient déjà en contact, l'action de la lumière pourrait n'être plus proportionnelle au nombre de centres existants; et, en effet, sous l'action de pressions suffisantes pour accroître la conductibilité dans le rapport de 1 à 10^6, la sensibilité à la lumière diminue pratiquement jusqu'à zéro.

Dans l'hypothèse admise par l'auteur, l'action lumineuse se traduirait donc par la production de centres conducteurs isolés à l'intérieur du sélénium, et ne suppose pas que celui-ci doive être constitué par un assemblage de cristaux. Faisons remarquer que ces centres rappellent ceux dont Rutherford[1] a admis l'existence dans le sulfure de zinc.

§ 4. — Chimie industrielle

La préparation industrielle du bore et ses applications. — C'est Moissan qui, en 1895, a indiqué le premier procédé pratique de préparation du bore pur, par réduction de l'anhydride borique en grand excès par le magnésium. Il a obtenu ainsi un produit contenant 98 et même 99 % de bore; c'est le bore amorphe, brun clair; mais il n'en a préparé que de petites quantités.

M. E. Weintraub, qui a le premier obtenu le bore fondu chimiquement pur en réduisant le chlorure de bore par l'hydrogène en excès dans un arc électrique alternatif à haute tension, a mis en évidence les propriétés chimiques et électriques très précieuses de cet élément : sa grande affinité pour tous les corps, à l'exception du cuivre et du mercure, et l'énorme coefficient de température négatif de sa résistivité[1]. Il devenait donc très intéressant de pouvoir préparer le bore pur industriellement en grandes quantités. M. E. Weintraub s'est attaché à la solution de ce problème, et M. H. Chaumat a fait connaître à l'une des dernières séances de la Société internationale des Electriciens les résultats auxquels il est arrivé[2].

M. Weintraub est parti de la réaction de Moissan entre l'anhydride borique et le magnésium. Dans certaines conditions, on obtient du sous-oxyde de bore; dans d'autres, un mélange de bore et de borure de magnésium. Ce sont ces produits qui ont servi de point de départ. Ils sont, en effet, dissociables : quelle que soit l'impureté, elle se sépare du bore quand le bore impur est chauffé à une température voisine de son point de fusion. La principale difficulté a été d'obtenir des températures égales ou supérieures à 2.000°, d'une façon industrielle, sans employer le charbon, en raison de la grande affinité du bore pour le carbone à cette température. On opère la dissociation par un arc à haute tension (15.000 volts) jaillissant entre des électrodes de cuivre refroidies par l'eau. Le sous-oxyde de bore est placé dans une coupe de cuivre massif formant une électrode; l'autre électrode, cylindrique, est amenée au-dessus. L'arc se produit dans une enceinte close remplie d'hydrogène. Quand la masse est à peu près fondue, on réduit la tension à 2.200 volts sous 50 ampères. On termine avec un arc à courant continu de 500 volts sous 200 à 300 ampères, qui permet de fondre plus de 2 kilogs de bore en une seule opération.

Tant que le bore contient des impuretés, il n'y a aucun danger de contamination par la matière de l'électrode supérieure; mais, à mesure que l'affinage avance, le danger devient grand. On peut exceptionnellement atteindre une teneur en bore de 99 %; pratiquement, on se limite à 97-98 %. Cela peut suffire pour certains usages du bore, mais non pour d'autres.

Lorsqu'on veut obtenir du bore pur, il faut renoncer à l'emploi des électrodes de cuivre et produire la dissociation dans un four à arc à mercure.

Ce four est non seulement un merveilleux instrument de recherches, mais encore un véritable outil industriel, qui est employé pour la purification et la fusion des métaux les plus réfractaires : tungstène, osmium, thorium. L'arc y est produit dans une cloche de fer, de cuivre ou de verre, reposant sur un socle de talc par un joint étanche formé par une rigole de mercure. Une capsule de cuivre rouge massif, refroidie par l'eau, sert d'anode et de support pour la charge de sous-oxyde de bore. La cathode est constituée par un filet de mercure provenant d'un réservoir et amené par un tube de quartz; il passe au-dessus de la charge à fondre, à une distance convenable. L'arc peut être amorcé par une décharge à haute tension; on peut aussi amener d'abord le filet de mercure en contact avec l'anode; on augmente la pression, l'arc normal s'établit et le jet de mercure est reçu dans une chambre latérale en verre ou possédant un regard pour l'observation de l'arc. Ce four permet de fabriquer de grandes masses de bore chimiquement pur à l'état fondu.

L'obtention du bore ouvré sous des formes déterminées s'est montrée également un problème très difficile. Comme il fond à 2300°, on ne peut songer à le couler. D'autre part, il est impossible de l'agglomérer par simple compression. Il faut donc tasser fortement la poudre de bore et l'agglomérer par le courant; mais, en raison du coefficient de température négatif très élevé, il se produit, sous l'influence des causes les plus minimes, des directions privilégiées pour le passage du courant, et

1. *Proc. Roy. Soc.*, A, t. LXXXIII, p. 561; 1910.

1. Voir la *Revue* du 15 août 1914, t. XXV, p. 702.
2. *Bulletin de la Soc. internat. des Electriciens*, 3e sér., t. V, n° 40, p. 69 et suiv.; mars 1915.

l'on ne peut obtenir une matière homogène. Il est nécessaire, pour éviter toutes les causes extérieures de refroidissement, d'entourer le bore d'une matière qui soit un bon isolant calorifique, qui ne fonde pas à 2300°, qui ne soit pas conductrice de l'électricité à cette température et surtout qui soit sans action sur le bore. M. Weintraub a trouvé dans l'azoture de bore une substance qui réunit toutes ces propriétés et il en a constitué des fours à agglutiner les substances les plus réfractaires, soit, indépendamment du bore, le carbure de bore, le tungstène, etc.

Les propriétés remarquables du bore lui ont déjà valu un grand nombre d'applications industrielles, qui ne pourront que se multiplier dans la suite. La plus importante à l'heure actuelle paraît être son emploi dans le moulage du cuivre rouge.

Le cuivre était un métal impossible à mouler convenablement. Le cuivre fondu dissout en effet les gaz, en particulier l'oxygène; le gaz absorbé se libère en partie à froid : d'où des soufflures, un manque d'homogénéité et une basse conductivité électrique. On peut éviter cet inconvénient par l'emploi de désoxydants : Mg, P, Zn; on réussit de cette façon à obtenir des fontes de cuivre homogènes. Mais, pour enlever pratiquement tout l'oxygène, il faut employer un excès du réducteur; cet excès s'allie au métal et, si les propriétés mécaniques restent intéressantes, il en résulte une diminution considérable et bien connue de conductibilité.

Le corps idéal serait une substance sans affinité pour le cuivre à la température de fusion de ce métal, mais ayant cependant beaucoup d'affinité pour l'oxygène. Cette substance est le bore, ou plutôt, comme le bore coûterait trop cher, le produit de la réduction de l'anhydride borique par le magnésium, composé en grande partie de sous-oxyde de bore avec de l'acide borique en excès. On emploie de 1 à 1,5 % du produit, ce qui correspond à une proportion moyenne de 1/1000 environ de sous-oxyde de bore. Le résultat obtenu dépend évidemment du cuivre primitif; si le métal est pur, on obtient couramment des fontes de cuivre d'une conductibilité de 97,5 %. La dépense est de l'ordre de 8 à 9 centimes par kilog de cuivre.

L'intérêt de cette nouvelle méthode industrielle est considérable : 1° on réalise une grande économie de main-d'œuvre en remplaçant le cuivre forgé par du cuivre fondu; 2° la fonte du cuivre pourra remplacer les alliages dans nombre de cas; le gain de conductibilité permettra d'économiser la matière. Ce procédé a trouvé des applications immédiates à la réalisation des enroulements ou de certaines parties des enroulements des transformateurs de gros calibre. La possibilité de fondre le cuivre en lui conservant une excellente conductibilité permet d'éviter, dans la construction, les joints plus ou moins bons, les rivets, les écrous.

§ 5. — Zoologie

L'élevage du dauphin en captivité. — Les visiteurs du célèbre Aquarium de New-York peuvent contempler depuis l'année dernière un spectacle unique au monde : celui d'une troupe de dauphins prenant ses ébats dans un vaste bassin circulaire spécialement aménagé à leur intention. Diverses tentatives d'élevage de ces animaux en captivité avaient été faites jusqu'à présent sans succès; mais grâce aux efforts persévérants du directeur de l'établissement, M. Ch. Townsend, cinq dauphins ont pu être conservés depuis près d'une année en bonne santé et en menant une existence quasi-normale [1].

Ces dauphins appartiennent à l'espèce *Tursiops truncatus* Montagu, très voisine du *Delphinus delphis* qu'on rencontre habituellement sur les côtes de l'Atlantique et de la Méditerranée. Ils ont été capturés au Cap Hatteras (Caroline du Nord), qui est fréquenté régulièrement par des bandes de dauphins et où une pêcherie de ces animaux fonctionne depuis de longues années. Les dauphins sont pris au moyen d'un grand et solide filet, appelé seine, qui peut en ramener une trentaine au rivage. Là ils sont tués et dépecés en vue de l'extraction de l'huile de la tête et de la graisse du corps; leur peau est également utilisée.

Les dauphins destinés à être élevés en captivité furent placés pendant 24 heures dans un étang salé profond situé juste en arrière du rivage, afin de leur permettre de se reposer dans l'eau froide et de se remettre du choc de la capture. Le lendemain, ils furent repêchés et placés dans des réservoirs qui furent hissés à bord d'un navire, puis remplis d'eau de mer, renouvelée ensuite aussi fréquemment que possible. Le dauphin, en effet, est adapté à la vie dans l'eau, où il rayonne une grande quantité de chaleur, et l'eau est absolument nécessaire pour le contrôle de la température de son corps; c'est pour avoir négligé de lui assurer en route la réfrigération nécessaire que deux essais antérieurs de transport de dauphins vivants à New-York échouèrent, les animaux étant morts pendant le voyage ou peu après leur arrivée.

Les cinq dauphins adultes parvenus à New-York furent placés dans un bassin circulaire de 12,5 mètres de diamètre et de 2,1 mètres de profondeur. Pendant quelques jours, ils refusèrent de manger; mais à la fin de la semaine ils commencèrent à prendre des poissons vivants et bientôt après des poissons morts : hareng et morue.

Les dauphins en captivité sont très vifs et nagent jour et nuit, s'élevant pour respirer à peu près à chaque tour de bassin. Ils nagent souvent sous l'eau, le ventre en l'air, comme les phoques, mais ils ne se reposent jamais sur le fond, ni ne s'étendent à la surface comme ces derniers. Pendant quelque temps, deux d'entre eux se mouvaient habituellement de gauche à droite, et les trois autres dans le sens opposé; puis ils sont devenus moins réguliers. Leur déplacement est quelquefois lent, mais le plus souvent rapide. De temps en temps ils se livrent à une sorte de course, qui soulève de hautes vagues.

Au moment des repas, ils abandonnent tout mouvement régulier et se précipitent dans des directions variées pour saisir à la surface les poissons jetés dans le bassin. Toute la nourriture est avalée sous l'eau. Souvent un dauphin se met à jour avec un poisson mort : il sort sa tête de l'eau en jetant le poisson à 2 ou 3 mètres en avant, où il le rattrappe et recommence. Ce jeu peut durer une demi-heure, jusqu'à ce que le poisson soit réduit en morceaux trop petits pour être projetés. Il n'est pas rare de voir deux ou trois dauphins se livrant simultanément à la même récréation.

D'autres fois, ils se précipitent avec impétuosité les uns après les autres, ou ils bondissent presque entièrement hors de l'eau et retombent lourdement en faisant jaillir de grandes éclaboussures.

Il n'y a pas d'apparence que le dauphin puisse voir hors de l'eau. Tandis qu'il saisit rapidement un poisson jeté dans l'eau, il n'accorde aucune attention à un poisson suspendu par une corde à 5 cm. au-dessus de la surface.

Les mœurs naturellement sociables des dauphins ne semblent pas affectées par la captivité. Quelquefois ils se saisissent l'un l'autre par le dos en arrière de la nageoire dorsale, mais on n'observe aucune trace de morsure et c'est probablement un simple jeu. La seule espèce de dauphins qui se mangent entre eux est probablement l'*Orca gladiator*.

Les dauphins sont de gros mangeurs; les cinq consomment ensemble 90 livres de poisson par jour. Cette quantité de nourriture les a maintenus en bonne santé et sans perte de poids apparente.

L'une des principales difficultés qu'a rencontrées l'élevage des dauphins en captivité est le renouvellement de l'eau, qui est rapidement colorée par leurs excréments. Il est impossible de vider complètement

1. *Zoologica*, t. I, n° 16.

le bassin et de le nettoyer, comme le bassin à phoques, car le dauphin échoué se met à battre le sol si violemment avec sa queue qu'il se blesserait si l'opération était répétée chaque jour. L'eau est donc maintenue claire par l'installation d'une conduite de décharge et le maintien d'un courant assez actif. Dans l'impossibilité de faire venir assez d'eau de mer pure de l'ocean, le bassin est alimenté avec de l'eau saumâtre, pompée dans le port de New-York. Cette eau doit être préalablement chauffée en hiver, afin de lui donner à peu près la température des eaux océaniques aux environs du cap Hatteras; en été, cette précaution n'est pas nécessaire. Le dauphin doit pouvoir vivre quelque temps dans l'eau douce, car on le rencontre souvent dans les rivières, mais à la longue il souffrirait certainement de l'absence des sels contenus dans l'eau de mer.

C'est d'ailleurs à cette cause que M. Townsend attribue le dépérissement de trois des dauphins qu'il avait réussi à élever en captivité et la formation d'ulcères sur leur peau; ces animaux ont fini par périr de pneumonie tuberculeuse. Depuis lors, des mesures ont été prises pour purifier l'eau du bassin par filtration et pour augmenter sa salinité par addition de sel.

§ 6. — Hygiène publique

Les herbicides à base d'arsenic. — Le Préfet de police a récemment saisi le Conseil d'Hygiène publique de la Seine d'une question intéressante : Y a-t-il lieu d'interdire la vente des substances utilisées pour la destruction des herbes et qui renferment des quantités considérables d'acide arsénieux. Nous croyons devoir reproduire quelques passages du très intéressant rapport de M. Dubief, rapport dont les conclusions ont été adoptées par le Conseil.

Les herbicides constituent une invention très moderne, puisque leur vogue se rattache à la diffusion d'un jeu très à la mode depuis quelques années, le jeu de lawn-tennis.

On sait, en effet, que ce jeu exige une aire assez étendue, aussi unie que possible et ne présentant ni creux ni aspérités. Or, ces espaces, se trouvant d'ordinaire en plein air, ont une tendance déplorable à être envahis par des herbes parasites dont les graines sont amenées par le vent ou par les oiseaux, herbes qu'il faut arracher; l'opération ne va pas sans détériorer la surface de l'aire, qu'il faut alors refaire par des moyens mécaniques longs et coûteux. En répandant des substances herbicides à la surface des jeux de tennis, on arrive à stériliser la surface arrosée et à supprimer complètement pendant un certain temps les végétations parasites, sans détériorer le sol par une action mécanique. Le succès obtenu dans cette application très restreinte a fait généraliser le procédé; actuellement, ces herbicides sont très employés par les jardiniers pour faire disparaître les végétations parasites qui envahissent les allées des parcs et des jardins, les cours pavées des châteaux, etc., et qui font le désespoir des propriétaires; on trouve généralement à leur emploi une très grande économie sur les procédés mécaniques habituels, économie de temps, de peine et d'argent. Ces substances demandent, pour leur application, certaines conditions indispensables, faute desquelles leur action est, sinon tout à fait nulle, au moins très incertaine; ces conditions ne sont pas toujours faciles à réaliser, et l'on a répandu alors sur le sol une grande quantité de substances toxiques, dangereuses, sans atteindre le but qu'on se proposait.

De quelles substances sont composés les produits herbicides? Le commerce a mis en vente des produits assez variés; on a vendu des herbicides à base de sels de mercure: ils ont été abandonnés à cause de leur prix de revient et parce qu'ils détérioraient les instruments destinés à les épandre, tout en perdant une partie de leur efficacité. Il a existé et il existe encore des herbicides dans la composition desquels il entre des sulfocyanures; ils sont peu répandus parce qu'ils sont peu efficaces; l'effet herbicide du sulfocyanure d'ammonium paraît des plus médiocres, même avec des solutions relativement concentrées; et l'usage de cette substance ne doit pas non plus être sans danger, car les jours qui ont suivi l'épandage, la surface arrosée dégage une odeur très sensible d'acide cyanhydrique. Les différents herbicides arsénicaux mis en vente avec des marques commerciales déterminées se rapprochent du type suivant :

Acide arsénieux (As^2O^3).....	56,2 %
Chlorure de sodium.....	1,9 —
Soude (Na^2O combiné à As^2O^3)...	27,3
Potassium.....	traces
Eau, matières organiques, colorants à base d'aniline.....	14,6
	100,00

Ces produits se présentent soit sous forme d'un liquide, soit sous forme d'une poudre blanche très grossière, soit sous forme de poudre colorée en rouge. Pour l'emploi, on fait diluer ou dissoudre, suivant les cas, un litre ou un kilogramme du produit dans 100 litres d'eau au maximum : cette solution doit être répandue au moyen d'un arrosoir sur une superficie maxima de 100 mètres carrés du terrain à stériliser (1 litre de solution par mètre carré).

Pour être efficace, il faut absolument que le liquide soit répandu sur un sol déjà bien mouillé, soit par la pluie, soit par un copieux arrosage artificiel; il faut aussi qu'il ne pleuve pas après l'épandage de l'herbicide; faute de quoi, le toxique, ou bien ne pénètre pas dans le sol, ou bien est dilué et entraîné et ne produit qu'un effet incomplet.

On voit, d'après l'analyse rapportée plus haut, que la teneur en acide arsénieux de ces herbicides est considérable, oscillant entre 33 et 58 %, et il est véritablement impressionnant de penser que ces produits sont couramment mis en vente et que le public peut s'en procurer facilement partout; on en trouve, en effet, chez tous les marchands grainiers, chez tous les marchands d'instruments ou produits horticoles et même dans les magasins de nouveautés et les grands bazars qui ont des rayons d'horticulture. Il y a là déjà un danger évident; mais voyons ce que deviennent ces produits une fois répandus sur le sol.

D'après les renseignements donnés plus haut, l'épandage des herbicides dépose à la surface du sol des quantités d'acide arsénieux pouvant aller jusqu'à 6 grammes par mètre carré de superficie, quantité suffisante pour empoisonner plusieurs personnes. Dans une expérience, M. Dubief a pu, après une période de trois semaines sans chute de pluie, à la surface d'une allée de jardin où il avait répandu la solution de l'herbicide n° 3, recueillir, en balayant légèrement le sol sur 1 mètre carré de superficie, un mélange de terre d'où l'on a extrait plus de 2 grammes d'acide arsénieux, et cela dans un endroit où l'on passait couramment. Cette expérience, toute imparfaite qu'elle soit, met en lumière le danger très réel qui résulte de l'emploi de ces substances. Sans vouloir envisager ici les suites terribles et immédiates d'un usage criminel ou même d'un emploi maladroit toujours possible, tel qu'une projection accidentelle sur les légumes, on doit penser que les préaux des écoles, des squares, des jeux de tennis, sont saupoudrés, tant qu'une pluie abondante n'a pas lessivé le sol, par des quantités énormes de poussières arsenicales.

En dehors des composés arsenicaux, il existe d'ailleurs des herbicides beaucoup moins nocifs, tel celui dont M. Dubief donne l'analyse :

Soude NaOH.....	94,80
Carbonate de sodium (CO^3Na^2)... ..	2,65
Chlorure de sodium.....	1,05
Sulfate de sodium	1,46
Eau.....	0,04
	100,00

On peut encore citer les mélanges de sulfate de fer et d'acide sulfurique, de formol, de crésyl, des eaux résiduaires de la fabrication du gaz.

§ 7. — Géographie et Colonisation

La colonisation intérieure en Sibérie en 1913[1]. — La colonisation des immenses régions désertes de la Russie transouralienne constituait un des points cardinaux du vaste programme de réformes agraires dont la réalisation a été commencée en 1906 par le ministère Stolypine. La suppression de l'ancien système de propriété collective du *mir* et l'achat des terres par l'intermédiaire de la Banque des Paysans ne suffisant pas, en dépit des perfectionnements introduits dans les méthodes d'exploitation, à satisfaire aux besoins de terre d'une population à accroissement naturel aussi rapide que celle de la Russie, il devenait indispensable de déverser en dehors des provinces européennes de l'Empire le trop-plein des cultivateurs privés de terres propres. C'est principalement dans ce but que fut organisée la colonisation systématique de l'Asie russe par les soins de l'Etat.

Les mesures prises par le Gouvernement pour favoriser cette colonisation peuvent se ramener à deux procédés différents. D'un côté, la « Direction générale de la Colonisation », instituée à Petrograd, entreprit d'explorer, de classer, de délimiter et de préparer les terrains susceptibles d'une colonisation rationnelle. De l'autre, toute une série de facilités spéciales furent décrétées en faveur de quiconque irait s'établir dans les régions transouraliennes.

Une série de mauvaises récoltes, les troubles agraires des années 1906 et 1907 dans la Russie d'Europe, le trop de facilités accordées au début aux émigrants, donnèrent à l'immigration en Sibérie une impulsion absolument imprévue. De 46.000 et 44.000 en 1904 et 1905, le nombre des émigrants passa, dès la première année de l'application de la réforme agraire (1906), à 217.000, pour sauter l'année suivante à 577.000 et atteindre enfin, en 1908 et 1909, les chiffres énormes de 759.000 et 707.000 âmes.

En présence d'un afflux aussi inattendu, la Direction générale de la Colonisation se trouva complètement débordée. Force fut au Gouvernement de prendre des mesures énergiques pour restreindre l'afflux des colons, dont des milliers, du reste, partis à la légère et manquant de toutes les qualités qui font un bon colon, demandaient, découragés déjà, à être rapatriés. En 1910, le chiffre total des émigrants en Sibérie tombait à 310.000 et l'année suivante il n'était plus que de 226.000. La Direction générale de la Colonisation put respirer quelque peu, et la proportion normale pût être rétablie entre la quantité de terres préparées et le nombre des colons pourvus de lots cultivables. A partir de 1912, on assiste de nouveau à une recrudescence de l'immigration en Sibérie, qui s'élève à 259.000 âmes pour cette année-là, et à 327.500 pour 1913.

L'œuvre de la Direction générale de la Colonisation au cours de ces dernières années a été considérable. Elle a consisté essentiellement en :

1° la préparation d'une série de mesures législatives et administratives réglementant la colonisation;

2° la délimitation des terres destinées à la colonisation (en 1911, 1912 et 1913 seulement, l'étendue totale des terrains arpentés et bornés a atteint le chiffre considérable de 6 millions de déciatines[2], soit une superficie égale à celles de la Belgique et des Pays-Bas réunis), et le « remembrement » des terres appartenant à la « population locale » (Russes établis antérieurement à la colonisation officielle et peuplades indigènes);

3° la préparation générale des zones de colonisation, visant à rendre la terre elle-même susceptible d'exploitation : création de voies de communication terrestres et fluviales, travaux d'irrigation ou de desséchement, défrichement, etc.

4° mesures spéciales destinées au développement du bien-être tant matériel que moral des colons : création d'un service sanitaire (comprenant au 1er janvier 1914 un total de 445 postes sanitaires, desservis par un personnel de 140 médecins et de 630 officiers de santé); prêts de premier établissement (environ 20 millions de francs en 1913); construction et entretien d'églises et d'écoles; création de dépôts gouvernementaux (277 en 1913) destinés à pourvoir la population locale de machines et d'instruments agricoles à bas prix, ainsi que d'engrais chimiques, de semences contrôlées, etc., et de magasins (43) fournissant des provisions et des objets usuels; institution de dépôts forestiers pour la vente des bois de construction, quelques-uns avec scierie annexée.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, l'année 1913 a été caractérisée par une recrudescence notable du nombre des immigrants en Russie transouralienne. Cette augmentation est due en grande partie à la reprise de l'émigration des habitants des provinces agricoles du sud de la Russie d'Europe, qui se portent vers la « région des Steppes » de l'Asie russe, dont la nature présente avec celle des provinces méridionales de la Russie d'Europe des analogies qui la rendent particulièrement facile à coloniser aux habitants de ces dernières.

Les contrées qui, après la région des Steppes, ont attiré le plus grand nombre d'immigrants en 1913 ont été la province de Tobolsk et celle de l'Amour. Une des causes principales de cette préférence a été sans doute la construction, dans la première, du chemin de fer d'Omsk, dans la seconde, de la grande voie ferrée de l'Amour, entreprises qui, toutes deux, sont appelées à avoir une influence primordiale sur le développement économique des pays qu'elles traversent et dont la construction même a fourni du travail à des milliers d'immigrants.

Un des traits caractéristiques de l'immigration de l'année 1913 est la diminution très notable des immigrants « indépendants », c'est-à-dire des colons venus en Sibérie de leur propre initiative, sans plan d'établissement arrêté d'avance et le plus souvent sans moyens suffisants. Leur proportion, qui en 1912 était de 45,3% du nombre total des immigrants, est tombée en 1913 à 35%. Le nombre des découragés qui, pour une raison ou une autre, ont renoncé à la colonisation en Asie pour rentrer dans la Russie d'Europe a aussi considérablement diminué : de 34.783 en 1912 à 22.743 en 1913.

Dans les chiffres précédents, il n'est pas tenu compte d'environ 35.000 immigrants « temporaires », qui se rendent en Sibérie soit pour les travaux des moissons, soit pour les nombreux travaux de construction de routes ou de chemins de fer.

Somme toute, l'œuvre de la colonisation intérieure dans la Russie transouralienne est en voie de progression constante et de développement normal. A l'affolement irréfléchi des premières années, dont le résultat inévitable avait été d'un côté le débordement fatal de la Direction générale de la Colonisation, de l'autre les désillusions non moins fatales de milliers de colons, a succédé une évolution progressive et rationnellement dirigée de l'immigration sous la direction de l'Etat. Plus la cohue désordonnée des immigrants indépendants diminuera — et l'on a vu qu'elle le fait graduellement et constamment — et plus le paysan russe se fiera aux conseils des autorités compétentes, plus il trouvera en Sibérie des conditions conformes à celles qu'il a rêvées, et l'avenir n'est plus très lointain où les riches provinces de la Russie transouralienne seront en mesure d'offrir à quiconque ne l'aura pas dans la Russie d'Europe le lopin de terre dont la possession constitue le rêve de tout ouvrier agricole.

1. D'après le *Bulletin mensuel des Institutions économiques et sociales de l'Institut internat. d'Agriculture*, t. LI, n° 3, p. 117; mars 1915.

2. La déciatine vaut 1,09 hectare.

UN PRÉCURSEUR FRANÇAIS DE LA SCIENCE EXPÉRIMENTALE MODERNE :

JACQUES ROHAULT

Le hasard a mis dans ma bibliothèque, relié en deux petits volumes in-18, le *Traité de Physique* de Jacques Rohault[1]. L'ouvrage, daté de 1672, est dédié à *Son Altesse Monseigneur le Duc de Guise*, « qui n'a pas jugé que ce fut une occupation indigne de lui de s'appliquer à la connaissance des secrets de la nature et qui a pris plaisir d'en voir les preuves et les expériences ». Les loisirs forcés que me laissaient les grands événements que nous traversons, la curiosité, aussi, de voir comment avaient raisonné nos prédécesseurs pour aborder utilement les problèmes de la nature physique où presque tout était à faire pour créer la méthode expérimentale, enfin, et surtout le désir de rendre à l'esprit français le juste hommage qui lui revient dans les conquêtes de la science moderne, tout cela m'a conduit à lire plus attentivement que je ne l'avais fait autrefois cet Ouvrage qui fit autorité en son temps, et qui eut plusieurs éditions même après la mort de son auteur, élève de Descartes et intime ami de P. Mignard et de Molière. Il est intéressant d'y constater et d'y mesurer l'effort qu'à cette époque de transition, et presque uniquement, remarquons-le, dans les pays de l'Europe celto-latine, durent réaliser les créateurs de la science moderne, les Galilée, les F. Bacon, les Newton, les Descartes, les Pascal... pour se débarrasser du fatras des dogmes et de la routine de la ratiocination Aristotélicienne et fonder l'Ecole moderne de l'observation précise et de l'expérience raisonnée : « On s'est plus occupé, dit Rohault dans son Introduction, d'étudier Aristote que la Nature, qui peut être n'est pas à beaucoup près si mystérieuse que lui... Mais quoy ! Ce n'est pas la coutume ; on aime mieux écouter Aristote et les Anciens et c'est ce qui fait que l'on avance si peu. »

« La seconde raison, continue-t-il, qui enraye les progrès de la Physique, c'est qu'on la traite métaphysiquement et que l'on se paye de mots comme si c'étaient des raisons. Quelle différence peut-il y avoir entre la réponse que peut faire un païsan et celle d'un Philosophe si leur ayant demandé à tous deux d'où vient que l'ayman attire le fer, l'un dit qu'il n'en scait pas la cause, et l'autre dit que cela se fait par une vertu ou qualité occulte[1] ? N'est-ce pas en bon françois dire la même chose ? et n'est-il pas visible que toute la différence qu'il y a entre l'un et l'autre, c'est que l'un a assez de bonne foy pour avouer son ignorance et l'autre assez de vanité pour la vouloir cacher. »

« Toutes les connaissances que l'on peut acquérir sont de deux sortes, continue Rohault, les unes se peuvent acquérir par le moyen des sens, les autres ne se peuvent acquérir que par le moyen du raisonnement. Et l'on peut dire que celles-ci dépendent en quelque façon des autres, étant certain que ce qu'il y a de sensible dans un sujet nous sert de règle et de fondement pour porter notre jugement touchant ce qu'il y a d'insensible. »

« Raisonner sans expérimenter ne conduit pas plus à des vérités nouvelles qu'expérimenter sans raisonner. Les bonnes expériences sont celles que le raisonnement prévient et qui servent à justifier s'il est faux ou s'il est juste ; ce qui arrive lorsque après avoir considéré les effets ordinaires d'un certain sujet... nous venons, par raisonnement, à connoistre que si ce que nous croyons de sa nature est véritable, il faut nécessairement... qu'il advienne un nouvel effet auquel nous n'avions pas encore pensé... C'est ainsi que l'on arrive à découvrir la vérité ou la fausseté des opinions conçües. »

Voilà bien, en effet, exposée à une époque où elle était loin d'être clairement conçue et acceptée, la vraie méthode rationnelle et expérimentale. Nous avons affaire ici à l'un des meilleurs disciples de Descartes.

Voyons maintenant comment J. Rohault essaye,

1. Né en 1620, mort en 1675, J. Rohault, contemporain de Blaise Pascal qui naissait trois ans après lui, donna à Paris une série de *Conférences* sur la Physique, l'Astronomie, l'Anatomie qu'à la prière de ses amis il réunit ensuite en un *Traité de Physique* dont la première édition parut à Paris en 1671. L'ouvrage fut réédité en 1772, à Paris et Amsterdam, sur la copie même de l'auteur, puis traduit en diverses langues après sa mort. C'est l'édition d'Amsterdam que j'ai entre les mains.

1. La vieille doctrine péripatéticienne des *qualités occultes* tendait à tout expliquer par des forces ou qualités mystérieuses mal définies, inaccessibles à la mesure, et par conséquent aussi à la vérification expérimentale. Au XVIIe siècle, Descartes le premier, ou l'un des premiers, essaya de substituer à ces prétendues causes premières des phénomènes naturels la considération et la définition précise des masses, des forces, de l'inertie, des impulsions, des quantités de mouvement, des formes et positions géométriques. Il est le vrai précurseur de la Science moderne.

en suivant ces prémisses, d'éclairer quelques-unes des principales questions que la Physique à peine naissante de ce temps laissait à résoudre.

I. — AXIOMES FONDAMENTAUX

L'ordre veut, dit-il, que nous proposions d'abord quelques vérités, « qui se font connoistre par elles-mêmes », et qui, servant de fondement à presque toutes les vérités que l'on apprend en Physique, en sont par conséquent les principaux axiomes.

a) « *Le néant ou le rien n'a aucune propriété... C'est pourquoi là où l'on rencontre quelque propriété que ce puisse être, là aussi il faut dire qu'il y a quelque chose et un véritable estre.* »

L'auteur en conclut, plus loin, que le vide intersidéral, aussi bien que le vide de nos machines, n'existe pas, puisqu'il jouit de la propriété de conduire la lumière et la chaleur. Tout est plein, pense-t-il, d'un *élément premier* auquel il attribue ces propriétés de conduction indicatrices de sa substancialité.

Nous reviendrons plus loin sur ce point important.

b) « *Il est impossible que quelque chose se fasse absolument de rien ou que le pur rien devienne quelque chose.* »

Nous disons aujourd'hui : *Ex nihilo nihil.*

c) « *Une chose ou une substance ne saurait être entièrement anéantie.* »

Nous avons réuni les deux précédentes vérités sous la forme : *Rien ne se crée, rien ne se perd,* et Lucrèce avait déjà dit : *Nihil e nihilo fieri; Nihil in nihilum reverti.*

d) « *Chaque chose est déterminée d'elle-même à continuer dans sa façon d'être.*

C'est le principe de *l'inertie* généralisé.

e) « *Tout changement procède d'une cause extérieure; il est toujours proportionné à la force de l'agent qui le cause.* »

Et voici clairement affirmé le principe de la mesure des forces ou des causes premières souvent invisibles ou inconnues, par celle de leurs effets sensibles.

Voyons comment, grâce à ces vérités axiomatiques, à l'analyse ingénieuse des faits observés, quelquefois aussi grâce à l'expérience directement provoquée, Rohault va contribuer à éclairer la Physique de son temps, restée presque stérile, dit-il, depuis plus de vingt siècles.

II. — LA MATIÈRE

« L'étendue, dit Rohault, est ce qui constitue l'essence de la matière. » Lorsque la matière est définie, quand elle est à l'état de corps sensible, elle possède la figure, la divisibilité et l'impénétrabilité.

De ceci, dit-il, « nous conclurons premièrement que le vuide des philosophes est impossible; car par le vuide ils entendent un espace sans matière et chez nous espace (ou étendue) et matière ne sont que la même chose; si bien que se demander s'il peut y avoir un espace sans matière c'est se demander s'il peut y avoir une matière sans matière » (ROHAULT, t. I, chap. VIII)[1].

Et il ajoute : « Nous en concluons que le Monde est indéfini, parce que, quelque distance que nous voulussions mettre à ses bornes, il serait impossible de ne pas imaginer de l'étendue au delà; or l'étendue et la matière, suivant ce que nous avons dit, sont la même chose. »

« Toutes les diversités qu'on peut imaginer dans la matière lui viennent des formes qui la déterminent. »

Rohault entend par *formes* aussi bien les formes géométriques proprement dites que celles de repos ou de mouvement ou toutes les autres manières d'être de la matière.

Le paragraphe suivant expliquera ce qu'il entend par la matière du vuide.

III. — LES TROIS ÉTATS DE LA SUBSTANCE MATÉRIELLE

« Outre les êtres grossiers et palpables dont nous sommes environnés, il y en a encore une infinité d'autres qui échappent à notre veuë... Nous ne les connaitrions pas si l'on n'avait dans ce siècle icy heureusement inventé le microscope », et « ces êtres microscopiques sont composés de parties plus invisibles encore. » — Il faut donc accepter la réalité de choses invisibles.

« Considérant, continue-t-il, toute la matière, je la divise en un nombre innombrable *de petites parties à peu près égales* sans m'arrêter aux figures qu'elles peuvent avoir. » C'est bien là, remarquons-le, presque notre conception moderne des molécules et atomes[2]. « En suite de quoy, continue-t-il, je suppose que Dieu fait tourner chacune de ces petites parties en plusieurs diverses manières alentour de son propre centre » (t. I, chap. XIX)... Mais parce que ce ne serait pas philosopher que de faire faire à Dieu à tout instant des miracles,... nous supposerons seulement qu'en créant la matière de ce Monde, il imprima une certaine quantité de mouvement

1. Les philosophes grecs de Thalès à Platon nièrent le vide. Descartes pensait, lui aussi, que le vide n'existe pas. C'est ce qu'affirma plus tard Euler. Huygens, Newton, Gassendi pensèrent le contraire. Cette divergence me parait tenir surtout à la différence de ce que chacun appelle *matière*.

2. Disciple de Descartes, Rohault soutient comme lui la divisibilité de la matière à l'infini, qu'avaient niée Leucippe, Démocrite, Epicure, Lucrèce. Mais on reconnait dans sa conception de la divisibilité *de la matière en parties à peu près égales* le germe de la notion de la molécule constitutive, ou de l'atome primitif, dont il admet toutefois la divisibilité *géométrique* à l'infini.

dans ses parties... et qu'il conserve ainsi incessamment en la matière une égale quantité de mouvement. »

C'est, dans la pensée de Rohault (abstraction faite de sa prudente réserve visant les foudres ecclésiastiques), notre principe moderne de la conservation de l'énergie ou des forces vives[1].

Il suppose alors que cette rapide rotation des particules matérielles en détache les parties les plus externes ou les plus ténues, lancées hors du corps par cette rotation sur leur axe. Ainsi émises, les parties matérielles les plus ténues constituent pour Rohault « le *Premier élément* », l'élément le plus subtil dont sont remplis tous les espaces de l'Univers. C'est, comme il le dit, l'*Œther* d'Aristote, qu'il ne veut pas qu'on confonde avec l'air puisqu'il traverse le verre et autres corps solides.

Le *Second élément*, dit-il, est constitué par ces particules matérielles que leur incessante rotation transforme en sphères arrondies tournant autour de leur axe ou de leur centre.

Le *Troisième élément* est formé de ces parties de la matière « qui demeurées sous des formes irrégulières sont peu propres au mouvement ».

Mais Rohault remarque aussitôt qu'il n'y a aucune répugnance à admettre que ces trois formes élémentaires de la matière puissent se changer les unes dans les autres.

Le *Premier élément*, la matière la plus subtile de Rohault, est, pense-t-il, la substance de la flamme, ou plutôt celle qui est apte à la produire par son mouvement. Elle emplit tout l'espace céleste. C'est elle qui nous transmet la lumière des étoiles. C'est elle aussi qui, traversant les corps transparents, va remplir le vide barométrique (t. I, chap. XII).

Le *Second élément*, formé de sphères arrondies par leur incessante rotation et par conséquent essentiellement mobiles, semble devoir posséder tous les caractères de la liquidité. L'eau et l'air en sont les types.

Enfin le *Troisième élément* domine dans les corps solides, dans les terres.

Ce sont les formes des particules matérielles, leur masse, la nature et la quantité de leurs mouvements qui, d'après Rohault, leur impriment leur spécificité. Mais la nature essentielle de toutes ces substances reste la même.

C'est, on le voit, l'hypothèse de l'unité de la matière, et l'opinion moderne que la multiplicité de ses formes est dûe aux caractères géométriques et au mode des mouvements de ses particules constitutives[1].

1. Rohault parle ici de la conservation de la quantité de mouvement dans le sens de son maître Descartes.

IV. — Nature de la Chaleur

La chaleur, dit Rohault, consiste dans les mouvements des dernières particules matérielles. Cette idée, déjà très ancienne alors, avait été émise de nouveau, presque à l'époque de Descartes et de Rohault, par François Bacon dans son *Novum Organum* (1620), toutefois d'une façon bien vague. Rohault y insiste très particulièrement et cherche à démontrer que ce n'est pas le mouvement d'ensemble des corps matériels qui produit la chaleur, mais qu' « elle consiste dans la diverse et violente agitation des parties insensibles des corps ».

« Il m'est arrivé, dit-il, que sciant expressément dans les ténèbres un morceau de bois fort dur... j'ai d'abord senti une odeur de bois brûlé, puis continuant à scier ce bois avec grand effort, il en est tombé plusieurs étincelles. »

« Il n'y a rien de plus ordinaire que de voir un villebrequin s'échauffer en perçant un morceau de bois assez dur et épais. De même, si l'on aiguise un morceau de fer ou d'acier, il s'échauffe quelquefois jusqu'à se détremper. »

« Si l'on chasse à coups de marteau un gros clou dans une pièce de bois, l'on ne remarque pas qu'il s'échauffe tandis qu'il s'enfonce, et l'on voit qu'il ne commence à acquérir quelque chaleur que quand il cesse d'avancer et *lorsque l'effort des coups de marteau ne fait autre chose qu'applatir la teste*... car, comme nous ne faisons consister la chaleur que dans la seule agitation des petites parties des corps, il est certain que le clou ne doit point acquérir la vertu d'échauffer quand il se meut tout entier pour pénétrer la pièce de bois et qu'il doit seulement commencer à acquérir cette vertu quand il cesse de se mouvoir ainsi et lorsque la teste commence à s'applatir, parce que c'est seulement en ce temps-là que ses petites parties commencent à se mouvoir et à acquérir l'agitation qui est requise pour échauffer... lesquelles parties s'entrechoquant l'une l'autre se procurent mutuellement le trémoussement auquel consiste la chaleur. » (T. I, chap. XXIII.)

Robert Boyle soutint aussi et montra que l'agitation, le *tremblement* sur place, des dernières particules des corps, est l'origine de la chaleur qu'ils émettent, et il s'appuya même sur cette

1. On voit que la Chimie de Rohault était moins avancée que sa Physique. Mais que valait la Chimie de cette époque ! Encore sa conclusion relative à la spécificité de la matière est-elle tout à fait moderne.

expérience du clou que l'on enfonce dans une pièce de bois et qui ne s'échauffe sensiblement que quand l'effort du marteau se *transforme* dans les mouvements des molécules de la tête du clou qui s'aplatit en rencontrant l'obstacle. (*On the mechanical Origin of Heath and Cold*). Mais R. Boyle exprimait cette idée et s'appuyait de cette preuve en 1744, alors que Rohault écrivait les lignes précédentes près de cent ans avant lui.

Cette idée de Rohault que l'*effort du coup de marteau est l'origine et la cause de la chaleur* qui apparaît dans la tête du clou, rapprochée de l'axiome du même auteur que tout changement d'état est proportionnel à l'agent qui le produit, est, comme on le voit, la première, ou l'une des premières indications précises qui conduisit les physiciens modernes à la notion de l'équivalent mécanique de la chaleur, et R. Mayer, d'Heilbronn, pour avoir nettement établi ce principe en 1842, n'en avait pas moins eu des précurseurs et devanciers perspicaces parmi lesquels Rohault doit prendre l'une des premières places.

V. — Le Son

Depuis Aristote, on pensait que « le son est dû à un mouvement local transmis par l'air qui l'applique à nos oreilles ». Mais, dit Rohault, on a objecté, d'une part, que tout mouvement ne produit pas de son, de l'autre qu'il est bien difficile de croire que le mouvement d'une cloche qu'on fait sonner puisse se transmettre jusqu'à deux lieues à la ronde. A ces objections qu'on faisait de son temps, voici comment il répond :

« Pour montrer que le son ne consiste que dans un certain mouvement, il ne faut que considérer qu'il se produit quand on pince la corde d'un luth, ou que l'on frappe quelque corps dur que ce soit... L'expérience se fait voir dans une grosse enclume... car on la voit se trémousser au moindre coup de marteau qu'on lui donne. Et l'on remarque qu'en mettant dessus quelques grains de millet, si l'on frappe à côté avec une clef d'une grosseur médiocre, à proportion qu'on entend un son plus ou moins grand l'on voit aussi ces grains de millet sautiller et changer plus ou moins de place sur l'enclume... Le son des cordes de viole consiste dans les soubresauts que l'on leur fait faire en passant dessus le crin de l'archet qui est devenu raboteux et denté par la poix résine ou la colophane dont on l'a frotté. »

Puis Rohault fait les curieuses et importantes remarques qui suivent :

« Il n'est pas malaisé de déterminer quel doit être le mouvement de l'air pour produire en nous le sentiment du son, car il est évident que ce mouvement de l'air est nécessairement tel que les tremblements des corps résonnants sont capables de produire en lui, c'est-à-dire que l'air doit trembler et bouillonner, et même, en sautillant, se diviser en un nombre innombrable de fort petites masses qui se meuvent avec une très grande vitesse en tremblant et se froissant les unes les autres »... « De ce que les cordes du luth rendent un son d'autant plus aigu qu'elles sont plus tendues... il s'ensuit que la forme du son aigu consiste dans la vitesse et le redoublement prompt et subit du mouvement duquel dépend le son, et que la forme du son grave consiste dans sa lenteur. » (T. I, chap. XXVI.)

C'était parfaitement et ingénieusement raisonner; remarquons toutefois que Rohault, écrit, un peu après, qu'un autre ami de Descartes, le Père M. Mersenne, avait exprimé les mêmes idées sur le son, et les avait mieux précisées encore en donnant le moyen de compter les vibrations des cordes sonores en son *Harmonie universelle contenant la théorie et la pratique de la Musique* publiée en 1636.

VI. — La Nature de l'Aimant et du Magnétisme

N'oublions pas que Rohault était un élève du « célèbre Monsieur Descartes dont le mérite, écrit-il, se fait de plus en plus reconnaitre chez toutes les nations de l'Europe et qui fera avouer à tout le monde que la France est du moins aussi heureuse à produire et à élever de grands hommes, dans toute sortes de professions, que l'a été l'ancienne Grèce ». Descartes publiait à Amsterdam, en 1644, ses *Principes de Philosophie* où il expose sa célèbre *doctrine des tourbillons*. C'est aussi peu d'années après que son disciple, Rohault, donnait ses *Conférences* qui furent l'orgine du *Traité de Physique* que nous analysons [1].

Il ne faut donc pas s'étonner que les idées de Rohault soient imprégnées de la doctrine du Maître.

On a déjà indiqué (voir plus haut ch. III) comment Rohault comprenait *les trois états de la substance matérielle* qu'il fait tourner, tourbillonner rapidement autour de l'axe de chacune des petites particules qui la composent. Il en résulte, suivant lui, l'émission de la partie matérielle la plus subtile qui s'écoule dans l'espace. De sorte, dit-il, que des divers points du globe terrestre, mais, en raison de la force centrifuge, plus particulièrement de la région équatoriale et

1. C'est vers la même époque (1647) que Blaise Pascal publiait ses *Expériences touchant le vide*.

parallèlement à l'écliptique, est continuement lancé un flot de substance éthérée qui en vertu de sa vitesse propre d'émission et de celle que lui communique la rotation terrestre, s'écoule en tourbillons dans l'espace. Mais celui-ci étant déjà plein, il en résulte, dit Rohault, une augmentation de pression qui fait écouler cette matière subtile tourbillonnante vers les pôles terrestres où son émission et sa densité sont évidemment minimum. Ce sont, d'après lui, ces deux grands tourbillons, animés d'une rotation inverse aux deux pôles, qui en traversant certains minerais de fer s'y sont creusé, peu à peu, au cours des siècles, un passage hélicoïdal d'où résulte la production de l'aimant. En effet, la « pierre d'ayman », une fois constituée en « ecroues », sera attirée par le tourbillon du Pôle Nord si elle se présente à lui dans le sens du vissage de ce tourbillon, et repoussée si elle se présente en sens inverse. De là les deux pôles de la pierre d'ayman. Et Rohault ajoute : « Nous pensons donc, avec beaucoup d'autres, que la terre est un grand ayman. » (T. II, chap. VIII.)

Evidemment ce sont là des hypothèses et ce sont bien celles d'un élève et admirateur de Descartes. Mais, avouons-le, même à cette heure, près de deux siècles et demi après, nous n'en savons pas beaucoup plus sur le mécanisme réel de l'attraction de l'aimant par les pôles terrestres ou par les masses de fer. Et n'est-il pas bien curieux aussi de voir que déjà au XVIIe siècle, 200 ans avant Ampère, on avait pensé comme lui et démontré que la Terre est un grand aimant, car elle en a toutes les propriétés, entre autres de produire l'aimantation du fer et de l'acier[1].

VII. — La Lumière et le Siège de l'Ame

Qu'est-ce que la lumière ? se demande Rohault. « La *lumière primitive*[2], dit-il, consiste dans un certain mouvement des parties des corps lumineux qui les rend capables de pousser au dehors la matière subtile qui remplit les pores des corps transparents... La tendance qu'a cette matière de s'éloigner en ligne droite du centre du corps lumineux constitue l'essence de la *lumière seconde* ou *dérivée*... et si vous considérez que tout le Monde est plein et qu'un rayon de lumière en a toujours quantité d'autres autour de lui... vous jugerez que chaque rayon de lumière doit transmettre l'action du corps lumineux de même que s'il était raide comme un baston. »

Et Rohault démontre aussitôt que l'image *réelle* des objets se transporte ainsi à travers l'air et autres corps transparents jusqu'aux extrémités du nerf optique qui la reçoit matériellement pour être ensuite transmise au cerveau.

« Si, dit-il, ayant fermé toutes les fenêtres d'une chambre vis-à-vis desquelles il y a des objets fort éclairez, l'on fait un trou dans l'un des volets de ces fenêtres et que l'on applique à ce trou l'œil d'un animal fraîchement mort dont on a adroitement enlevé les peaux qui couvraient l'humeur vitrée à l'endroit du fond, et à la place desquelles on ait mis une coquille d'œuf pour retenir cette humeur, on verra sur cette coquille une peinture assez distincte des objets du dehors. »

Cette ingénieuse expérience, qui démontre la réalité du transport de l'image à travers l'air et les corps transparents jusqu'à la rétine, avait été faite pour la première fois, quelques années auparavant, par Descartes qui employait, pour recevoir l'image, non la coquille de l'œuf, mais sa membrane coquillière.

A ce propos Rohault remarque, après Descartes, que nous recevons par les deux yeux deux images réelles, qui se forment sur la rétine aux extrémités des nerfs optiques, que ces deux images se transmettent ensuite au cerveau et qu'elles doivent s'y confondre quelque part en une seule impression. Il en est de même, dit-il, de toutes les sensations, toujours doubles et symétriques, transmises par les divers organes de l'ouïe, de l'odorat, et quelquefois du toucher, etc. ; par conséquent toutes ces sensations doivent arriver dans le cerveau à un organe central, symétrique, où elles puissent se transformer en une image ou impression unique que le sensus, l'âme y recueillera. « La petite glande que les médecins appellent *Conarium* (glande pinéale), dit Rohault, a pour Descartes rempli ces conditions et c'est la raison qui lui a fait penser qu'elle était sans doute le siège de l'âme raisonnable. »

Telle est la raison purement géométrique qui a fait avancer à notre grand Philosophe français une hypothèse qu'on ne rappelle ici que pour montrer comment a pu s'engendrer, dans cet esprit de géométrie, une opinion si extraordinaire et si imprévue, dont nous avions, je crois, à peu près perdu à notre époque la singulière genèse.

1. Rohault le démontre encore en faisant rougir au feu une tige d'acier suspendue verticalement. Il la trempe alors en l'enfonçant dans l'eau par un de ses bouts. En vertu de l'influence terrestre, l'acier formé devient dès lors un aimant dont le bout tourné vers la Terre est toujours le pôle méridional. Il montre ensuite qu'en refroidissant d'abord la partie supérieure de la tige d'acier rougie au feu, la disposition des pôles reste la même et ne dépend, par conséquent, que de leur position vis-à-vis des pôles de la Terre.

2. C'est-à-dire la nature, la cause primitive de la lumière.

VIII. — Conclusion

L'hypothèse de l'unité de la Matière, qui ne devrait ses qualités spécifiques qu'à la forme géométrique de ses dernières particules constitutives, à leur masse et à la nature de leurs mouvements; la conception de la rotation rapide de ces dernières particules autour de leur axe, et par conséquent de l'énorme énergie latente qu'elles emmagasinent; celle de la conservation de la quantité de mouvement (il a voulu dire d'énergie) qui leur a été originairement dévolue; l'affirmation de l'existence d'un fluide d'origine matérielle remplissant tout l'espace, l'*æther*, apte à transmettre la lumière; la démonstration alors toute nouvelle, que les phénomènes de chaleur et de lumière résultent directement, comme celui du son, des états vibratoires des dernières particules de la matière pondérable, et que ces vibrations nous sont transmises par l'*æther* qui remplit l'univers; le principe, alors très nouveau, que la chaleur qui peut engendrer le mouvement vibratoire moléculaire est proportionnelle à l'énergie de ce mouvement et le mesure; la démonstration expérimentale que la terre est un grand aimant; la confiance de l'auteur dans la méthode de l'expérimentation choisie en vue de confirmer ou infirmer les hypothèses suggérées par une observation préalable, et la nécessité de soumettre les faits observés à une mesure exacte qui permette ensuite des généralisations rationnelles... tout cela constitue pour Jacques Rohault le droit d'être inscrit parmi les précurseurs de la science expérimentale moderne.

La lecture de son *Traité de Physique*, tout en nous faisant admirer son esprit de finesse et sa solide logique, nous révèle en même temps les difficultés qu'eurent les savants de cette époque à se soustraire à la routine de l'Ecole des prétendus philosophes qui, depuis l'Antiquité et jusqu'après la Renaissance, crurent suffisante pour expliquer les faits matériels la méthode du raisonnement abstrait et la doctrine des causes occultes. Depuis des milliers d'années, les hommes les plus éminents avaient observé, raisonné sur les faits naturels; qui donc, objectait-on alors, pouvait espérer mieux faire et mieux dire que les Anciens? Ils représentaient la raison humaine, *l'autorité!*

« Cette forte persuasion, dit Rohault, d'être si inférieurs aux Anciens, engendre une espèce de paresse ou de défiance. On croit... qu'ils ont fait tout ce qui est possible de faire humainement... Mais les expériences sont nécessaires pour l'établissement de la Physique, et c'est une chose qu'Aristote même tenait pour certaine... D'un autre côté, vouloir rejeter le raisonnement pour ne faire que des expériences, c'est se jeter dans une autre extrémité beaucoup plus préjudiciable. »

Puis il conclut (et c'était alors chose bien courageuse), en réclamant les droits de la raison contre l'autorité.

« Quant tous les Philosophes seraient d'accord entre eux et avec Aristote, je ne voy pas que cette conformité me deust contraindre dans mes sentiments, ny que les Philosophes puissent prétendre que je fusse obligé de les suivre où je suis très persuadé et convaincu qu'ils s'égarent. »

Accusé d'hérésie, Jacques Rohault mourut de chagrin en 1675.

Armand Gautier,
de l'Institut.

LA SIDÉRURGIE MONDIALE DEPUIS LA GUERRE

Le Comité des Forges de France vient de faire paraître, dans un de ses derniers bulletins, le rapport d'un ingénieur allemand bien connu des sidérurgistes, M. Schrödter, qui, le 31 janvier dernier, a exposé ses vues personnelles sur la Sidérurgie mondiale depuis la guerre, au cours de la réunion des Maîtres de forge allemands. M. Schrödter est le directeur de cette Association et en même temps le rédacteur en chef de la revue *Stahl und Eisen*. Ses appréciations sont d'autant plus intéressantes à connaître, pour nous autres Français, qu'elles sont empreintes de connaissances techniques indiscutables, jointes à cette mentalité teutonne qui marque tous nos ennemis du haut en bas de l'échelle et dont nous avons pu mesurer le développement maladif. Nous nous proposons d'analyser les parties essentielles de ce Rapport, en relevant au fur et à mesure les multiples erreurs qu'y a parsemées ce parti-pris farouche et orgueilleux, caractéristique des scientifiques allemands.

Disons tout de suite que la lecture de ce rapport fait ressortir chez l'auteur des sentiments de haine profonde pour les Anglais, de pitié méprisante pour les Français et les Belges, de critique violente pour les Américains, et de

reconnaissance pour les Suédois. C'est à peine si on y fait mention de l'Italie, de l'Autriche et de la Russie.

I. — France

L'exposé débute par la situation de la métallurgie française, qui, depuis l'invasion, se trouverait entièrement bouleversée. M. Schrödter, se basant sur les données de la *Gazette de Cologne*, estime que les Allemands occupent tout le département des Ardennes, 55 % de l'Aisne, 12 % de la Marne, 25 % de Meurthe-et-Moselle, 30 % de la Meuse, 70 % du Nord, 10 % de l'Oise, 25 % du Pas-de-Calais, 16 % de la Somme et 2 % des Vosges, soit 2.100.000 hectares, c'est-à-dire 3,7 % de la superficie totale de la France, immobilisant ainsi 8,2 % de la population totale, si l'on passe sous silence, comme il le fait, les nombreux émigrés que nous connaissons. Comme les régions occupées sont celles qui étaient les plus industrielles, il en conclut que notre situation comme producteurs est à peu près désespérée.

Pour ce qui est des charbonnages, il regrette que « les tranchées aient été creusées d'après les principes militaires, et non d'après des considérations économiques stratégiques, car les Allemands auraient pu, par avancement de quelques kilomètres, annexer toute la région minière ». Malgré cela, il considère comme « clairement démontré que le ravitaillement en charbon de la France *encore libre* est dans un état lamentable ». On sait ce qu'il en est; le charbon a beau être cher, aucune de nos industries n'en manque et n'en manquera, et l'hiver vient de s'écouler sans qu'aucun besoin, aussi bien industriel que domestique, se soit fait sentir de ce côté.

Pour le minerai de fer, l'auteur voit la situation sous un jour encore plus noir, et à ce propos il montre le bout de l'oreille en rappelant à tous les métallurgistes allemands ce qu'ils savent si bien depuis longtemps et ce qui les a certainement amenés à accepter d'un cœur léger les aléas redoutables d'une telle guerre : « Vous savez, dit-il, que les Français n'ont découvert que vers 1890 les richesses minérales *cachées* en Lorraine française. Ce n'est que de cette époque que date le développement merveilleux de la sidérurgie française, si merveilleux qu'en 1913 la production de la fonte du département de Meurthe-et-Moselle était de 3.546.000 tonnes sur les 5.123.000 produites dans toute la France. » Le rapporteur estime à 85 % la réduction apportée par les hostilités à la production de la fonte, et à 70 % celle de l'acier. C'est là, pense-t-il, une gêne considérable pour le renouvellement de notre approvisionnement en canons et munitions de toutes espèces. Qu'il nous suffise, pour le rassurer, de citer ici une phrase du récent et beau discours de M. Millerand, que tout le monde a remarquée, parce qu'elle est tout à fait réconfortante : « La production française en projectiles de tout calibre atteint aujourd'hui 600 % de celle qu'au début de la guerre on avait crue suffisante et dans quelque temps elle atteindra 900 %... Quant à notre artillerie lourde, nous avons, depuis le début des hostilités, septuplé le nombre des batteries existant au début de la guerre[1] ».

M. Schrödter raconte ensuite en détail une visite de nos principales usines qu'il a faite aux mois de décembre et de janvier derniers en compagnie d'ingénieurs de Dusseldorf, officiers de territoriale. Les renseignements qu'il en donne concordent bien avec ceux que nous connaissions déjà par les émigrés, mais la façon dont il cote nos usines est assez piquante, car il apprécie surtout celles d'entre elles qui ont installé le plus de machines allemandes. Les grandes usines de Longwy, Mont-Saint-Martin, Rehon, sont intactes, mais ont été abandonnées brusquement dès la déclaration de guerre. L'auteur n'a pas lieu de s'en étonner, les Allemands ayant envahi plusieurs d'entre elles, même avant la déclaration. Toutes les aciéries Thomas de l'Est sont pourvues d'installations très perfectionnées et auraient profité largement des expériences allemandes. La future usine de Pont-à-Vendin, dont la production annuelle sera de 300.000 tonnes, obtient une excellente note, car les trois hauts-fourneaux sont munis de monte-charges inclinés sortant de la Deutsche Maschinenfabrik de Duisburg, et sa grande centrale électrique équipée en majeure partie par des moteurs allemands. Une série d'aciéries Martin se sont développées dans le Nord concurremment avec les usines à fer. « Là, dit le rapporteur, la transition du fer puddlé au fer coulé, qui s'est opérée chez nous depuis longtemps, y bat son plein. » Les Allemands ne devraient pas ignorer que le fer puddlé est encore préféré, et avec raison, pour certains produits spéciaux de la mécanique et que le fait d'en fabriquer encore n'est nullement celui d'un retardataire.

Aux boulonneries de Bogny-Braux à Flize, existe, paraît-il, un train de laminoir à fers marchands sorti des ateliers Sack de Dusseldorf. Les chaîneries de la vallée de la Semois ont une mention spéciale, car « elles réussissent à exporter leurs produits *même en Allemagne*, par

1. *Journal officiel* du 2 avril 1915. Chambre des députés. p. 517, 1re colonne.

exemple pour la navigation fluviale de l'Elbe ». Il en est de même « des petites fonderies collectives des Ardennes, qu'une grève acharnée fit naître il y a une quinzaine d'années et dont les noms : « les Quatorze », les « Six frères », indiquent l'origine ».

Viennent ensuite les usines de la région de Lille, présentées à M. Schrödter par M. Roechling, colonel de réserve; la fabrique bien connue de Delattre à Ferrière-la-Grande, qui construit de grands laminoirs à l'instar des énormes usines westphaliennes, et est par conséquent citée en première ligne ; celle de fers à cheval Gauthier, de Valenciennes, où ils se vantent d'avoir utilisé tout le stock pour leur cavalerie et d'y entretenir une fabrication intensive pour l'armée ; les Ateliers de Constructions du Nord de la France, « les mieux outillés de la région », où tous les wagons presque complètement achevés furent utilisés par l'armée allemande ; la fabrique de locomotives de Blanc-Misseron, dont le matériel neuf forme « une vraie exposition de machines-outils, qui malheureusement n'ont pas toujours été servies par des mains habiles depuis leur mise en service, et où les machines de Reinicker-Chemnitz, de Loewe-Berlin, alternent avec celles des firmes les plus connues de Cincinnati, celles des usines Gisholt avec celles de Lodge et de Shipley » (l'auteur éprouve, dit-il, « un grand plaisir à constater que les produits allemands avaient si bien défié la concurrence ») ; les ateliers de la Société franco-belge de Raismes, moins récents que les précédents; les ateliers de la Société Cail de Denain, où l'auteur remarque des cloches de gueulard et un train blooming destinés aux nouvelles usines de Caen ; les ateliers de Fives-Lille et enfin l'usine « de la fameuse maison Arbel de Douai » où les troupes sont installées depuis les premiers jours d'octobre et fabriquent du *pain bis* pour l'armée.

Un coup de patte en passant à l'arsenal de Douai, fabrique de l'Etat, qui produisait pas mal de munitions, mais avec des procédés de fabrication très arriérés.

La conclusion que tire l'auteur, de cette tournée, c'est que, en dehors d'une seule usine à Belfort, toute l'industrie mécanique de France qui s'occupe de la construction des locomotives et du gros matériel est entre les mains des Allemands et que la situation est encore aggravée pour la production des tubes en fer, qui est anéantie. Est-ce bluff ou ignorance? Dans ce dernier cas, M. Schrödter n'aura qu'à feuilleter le très copieux Annuaire publié par le Comité des Forges de France, où il aura par région ou par nature des produits la nomenclature des usines françaises se rapportant de loin ou de près à la métallurgie. Il y verra que l'industrie mécanique en France, bien que gênée par l'arrêt des usines du Nord, est loin d'être réduite à néant, et s'il lui faut une meilleure preuve, il la trouvera dans la quantité formidable de projectiles que tous les jours, dans toutes les parties de la France, ateliers, petits ou grands, peuvent façonner et mettre à la disposition de la Guerre, en utilisant uniquement les ateliers existants. M. Schrödter se fait de grosses illusions sur le chômage probable de nos usines, situées à proximité des tranchées, et nous avons la satisfaction de lui apprendre que la fonderie de cylindres de laminoirs de Frouard en particulier, dont il parle, fabrique un tonnage très respectable d'obus de gros calibre sans s'émouvoir aucunement de la canonnade ininterrompue du Bois-Le-Prêtre.

D'après un interview récent[1], l'Empereur Guillaume aurait dit ironiquement que les Russes, les Belges et les Français des régions occupées s'étaient chargés de ravitailler ses armées.

L'auteur du rapport explique sans vergogne comment les Allemands ont procédé : « Les magasins bien remplis des laminoirs, des fonderies et d'autres fabriques ont permis de pourvoir nos soldats dans les tranchées le plus vite possible d'objets de première utilité en quantités voulues ». Dans les Ardennes, les sapeurs et pionniers du 8e corps d'armée ont remis en service quatorze ateliers où ils fabriquent de la ronce artificielle, des tôles ondulées pour couvrir les tranchées, des lance-mines, des boucliers, des pistolets fusants, des tuyaux de poêle, des genouillères, des cuisines de campagne. Les centrales électriques distribuent la force motrice et la lumière jusque dans certaines tranchées. Dans la région de Chauny, de nombreuses petites usines ont été utilisées de la même façon. Pour faire travailler les ouvriers restés au pays, on les allèche en leur donnant de la farine et du pain.

M. Schrödter avoue que ses compatriotes « puisent à pleines mains dans les stocks ennemis », mais il ajoute que « l'armée allemande a ménagé méticuleusement la propriété privée en la laissant intacte partout, autant que cela était possible, et que si elle a pris du matériel et continue à le réquisitionner, ce n'est évidemment que contre indemnité ». Nous savons tous de quelle façon ils comprennent le respect de la propriété privée : quant aux indemnités, elles consistent en un chiffon de papier sur lequel

1. Interview Ballin, directeur de la Hamburg-America Linie. *New-York World*, n° du 15 avril 1915.

figure cette inscription « payable après les hostilités ». Cette simple formalité ne doit pas beaucoup grever leur trésor de guerre. Au contraire, il nous revient de source certaine que bien souvent nos ennemis se sont transformés en marchands de charbon vis-à-vis des municipalités et du public, en écoulant contre espèces sonnantes les stocks des usines occupées.

II. — Belgique

Le chapitre concernant la Belgique est court, car le rapporteur reconnaît que la sidérurgie y est complètement anéantie; toutefois dans ce pays l'Administration civile allemande aurait remporté un succès. Une organisation a été créée en septembre sous la direction de M. Bornhardt, conseiller privé des mines, divisant le pays en trois districts miniers : Liége, Charleroi et Mons. Et, malgré le mauvais vouloir bien naturel des ouvriers, les productions des charbonnages dans ces districts s'éléveraient encore respectivement à 49 %, 54 % et 75 % de celles qu'on obtenait en temps normal. Par contre, l'industrie sidérurgique se réduirait à la reprise partielle de certaines usines, dont Cockerill, mais pour des travaux de réparation seulement, les approvisionnements en minerais étrangers et l'exportation des produits finis étant devenus impossibles par suite du blocus. Quant aux fabriques d'armes d'Herstal, si bien outillées, elles sont complètement arrêtées et une partie de leurs machines-outils a été transportée en Allemagne. C'est là un indice du peu de confiance qu'ont nos ennemis dans la stabilité de leur conquête.

La conclusion du rapporteur relative à la situation des pays envahis mérite d'être relatée en entier. Après les atrocités que l'on sait, elle dénote un mélange de candeur et d'hypocrisie qui ne doit plus nous surprendre : « L'Administration allemande a su éviter une catastrophe ruineuse à l'industrie du pays et a su adoucir pour elle, dans la mesure du possible, les conséquences et les horreurs de la guerre par le relèvement de ses forces économiques. La Belgique, comme le Nord de la France, n'aura qu'à remercier son Gouvernement mal avisé, ses amis anglais et tous les alliés des malheurs de sa population, qui ne feront qu'augmenter avec la durée de la guerre ».

III. — Angleterre

Nous arrivons à l'Angleterre, pour laquelle le rapporteur trouve peu de chiffres à citer, « les statistiques se faisant rares, dit-il, depuis le déclin continuel de l'industrie anglaise ». Il nous apprend toutefois que la fabrication doit être bien amoindrie à cause des difficultés d'approvisionnement des matières premières, du manque de houille, des grèves continuelles (il en savent quelque chose) et de l'élévation des frets. Il contredit les calculs de M. Grey en affirmant que l'exportation des produits finis a fléchi considérablement, de 40 % environ, par rapport à 1913. Il est vrai qu'il exclut de ces produits la fonte et le ferromanganèse. Il imagine alors que cette situation attire vivement l'attention des milieux économiques de l'Angleterre et cite à cet effet un passage du périodique *The Economist* ainsi conçu : « Plus longtemps la guerre durera, plus grande sera la destruction de l'esprit d'entreprise en Europe. Un mois de la guerre actuelle, en considérant les pertes en hommes aussi bien que celles en valeurs, équivaut certainement à douze mois de guerre d'autrefois, de sorte qu'à la fin de décembre nous devons admettre que le cataclysme actuel n'a pas duré cinq mois, mais bien cinq années ». Il nous semble cependant que, parmi les pays d'Europe, l'appréciation du journal anglais s'applique surtout à ceux dont la puissance financière et la situation monétaire laissent le plus à désirer.

M. Schrödter revient, lui aussi, sur les origines de la guerre et en recherche l'auteur responsable. « C'est, dit-il, un complot diabolique du Gouvernement de l'Angleterre. C'est une guerre menée pour l'hégémonie économique », mais il affirme qu'aucun des sidérurgistes allemands ne l'a voulue et n'a pensé à elle. Singulière contradiction avec les regrets exprimés à maintes reprises, par ses compatriotes, que les géologues envoyés par Bismarck en 1871 pour tracer la frontière au mieux des intérêts industriels n'aient pas pressenti notre superbe gisement sous-jacent de Briey, contradiction avec ce besoin incessant de minerai de fer qui les poussait à s'assurer par tous les moyens possibles le contrôle de nos mines de Normandie, de Bretagne, d'Algérie, d'Indo-Chine et du Maroc! L'auteur du rapport le sait bien, et les nombreuses études qu'il a publiées dans son périodique *Stahl und Eisen* n'ont pas peu contribué à propager ces idées d'absorption et de confiscation dans l'esprit de ses lecteurs, mais sa haine de l'Angleterre l'aveugle au point de lui faire injurier la presse technique de ce pays, si bien représentée pourtant par l'*Engineer* et l'*Engineering*, qu'il accuse « de souiller la science allemande ».

IV. — Etats-Unis

Pour les Etats-Unis, M. Schrödter réserve toute son ironie. Dans leur hypocrisie, les Américains auraient voulu jouer le rôle du *tertius*

gaudens et créer des organisations pour supplanter la concurrence allemande exclue par la guerre; mais ils auraient fait un faux calcul, le crédit du monde entier ayant été largement atteint et leur industrie, surtout la sidérurgie, ayant profondément souffert. De plus, l'avenir paraîtrait très sombre, parce que non seulement les chemins de fer, mais encore d'autres entreprises économiques manqueraient d'argent. Mais bientôt retentit un autre son de cloche, lorsqu'il est dit, quelques lignes plus bas : « Le pays a eu des commandes importantes de matériel de guerre pour l'Angleterre, la France et la Russie, qui doivent dépasser 500 millions de dollars. L'Angleterre a une impuissance industrielle si lamentable, qu'elle a dû recourir à l'Amérique pour la production de ce matériel. Les mêmes Américains qui à la Maison Blanche prient tous les dimanches pour la paix travaillent pendant la semaine, nuit et jour, à la fabrication des moyens pour prolonger la guerre ». Bref le rapporteur constate avec affliction que la course au dollar paraît tout primer, et que l'élément allemand, si important aux Etats-Unis, n'a pas assez de cohésion ni d'influence politique pour exiger une attitude strictement neutre de son Gouvernement.

V. — Italie et Suède

En Italie et en Suède, la crise de l'industrie sidérurgique était sérieuse avant la guerre. Elle n'a pas diminué depuis, les usines éprouvant beaucoup de difficultés pour s'approvisionner. La Suède mérite la reconnaissance de l'Allemagne pour avoir défendu tout transit de matériel de guerre vers les pays étrangers belligérants.

VI. — Russie

En Russie, la production annuelle de fonte, qui s'élève à 4.300.000 tonnes, n'a pu être que faiblement influencée par l'incursion des armées allemandes en Pologne, les usines de cette région n'entrant que pour 3 à 4 % dans la production. L'extraction du charbon, au contraire, est plus affectée par l'occupation du bassin de Dombrowa. La fabrication des armes et munitions est concentrée en Russie principalement à Petrograd, Moscou et Perm; les obus sont coulés en grande partie dans les fonderies de l'Oural et les fusils fabriqués à Toula. Il est possible que l'industrie mécanique ne soit pas assez développée et que toutes les usines ne suffisent pas pour les besoins militaires, comme le constate avec satisfaction notre maître de forges, mais l'appui des Alliés compte heureusement pour quelque chose. Signalons, en terminant ce chapitre, la nouvelle preuve que donne M. Schrödter de la préméditation de longue date d'une attaque slave, en relevant, sur la statistique officielle des Etats-Unis, « que la Russie a subitement augmenté d'une façon très importante, en décembre 1913, l'importation jusqu'alors très minime des cartouches et munitions ».

VII. — Allemagne

Le rapporteur aborde enfin le sujet qui lui touche le plus au cœur, la situation de sa patrie allemande. A la mobilisation, arrêt de presque toutes les usines, surtout de celles situées aux frontières du pays, où les ouvriers restants furent occupés à des travaux de fortification : « L'haleine leur faisait défaut », mais bientôt la ferme volonté les domine « de ne pas le céder dans l'accomplissement des devoirs patriotiques à leurs frères et fils qui défendent la patrie de leurs corps », et au bout de 15 jours les chemins de fer reprennent leurs services et beaucoup d'usines sont réorganisées en vue de l'état de guerre, les ateliers de l'intérieur du pays d'abord, les forges des frontières ensuite, au fur et à mesure que les communications et la situation du marché le permettent.

Dans quelles conditions marchent-ils? Ici commencent les aveux. « La pénurie de charbon des diverses qualités est connue de tout le monde; pour y remédier, il est très désirable que les consommateurs s'installent de plus en plus en vue de la combustion du coke qui ne manque nullement. » Si le coke ne manque pas, c'est qu'ils poussent de toutes leurs forces à sa production au détriment de la houille, les sous-produits de la fabrication étant la presque unique source d'où ils puissent tirer le benzol, le phénol et les nitrates[1] qui suppléent aux matières que le blocus leur a enlevées.

La production de la fonte a été réduite dans les proportions suivantes:

88 %	pour les hauts-fournaux	de la Haute Silésie
65 %	—	de la Sarre
56 %	—	du Luxembourg
46 %	—	de Lorraine

En Silésie la production, même réduite, des hauts-fournaux restés en service n'a pu être absorbée par le marché, par suite de la mobilisation de toutes les voies de communication, de sorte que la mise en stock a été nécessaire. Au Luxembourg et en Lorraine, c'est la main-

1. Brevets Hœusser basés sur l'oxydation de l'azote de l'air en présence d'un excès d'oxygène sous une pression produite par l'explosion d'un mélange gazeux dans un récipient approprié.

d'œuvre qui a fait défaut, en raison de la mobilisation « des territoriaux de moins de 32 ans n'ayant pas fait de service militaire » et surtout du départ des ouvriers italiens dont le retour se fait désirer. Ils n'ont vraiment pas employé la bonne méthode pour les faire revenir dans le Bassin de Briey.

Détail intéressant : les forges de Rombas en Lorraine ont maintenu leur deux hauts-fournaux à allure réduite pour alimenter d'électricité la forteresse de Metz. Quant à la production de l'acier brut, elle a subi une réduction de 40 %.

A côté des affirmations plutôt optimistes de M. Schrödter, il n'est pas inutile de citer certains chiffres que nous relevons sur les rapports de deux principales sociétés métallurgiques allemandes et qui montrent que leur industrie n'est pas restée si florissante qu'ils veulent bien le publier.

La Compagnie Phoenix, dont les recettes s'élevaient à 23.551.095 francs pour le semestre juillet-décembre 1913, n'a réalisé dans le même semestre de 1914 que 13.234.238 francs. La mobilisation lui a enlevé 14.000 ouvriers. Le montant des commandes à la fin de janvier 1915 n'était plus que de 373.412 tonnes contre 488.994 tonnes l'an dernier à la même date. La Compagnie Laura Hütte a vu son personnel réduit au tiers et sa production diminuée dans la même proportion. Les recettes dans le dernier semestre de 1914 n'ont été que de 2.529.070 fr., c'est-à-dire les 2/5 des recettes du semestre correspondant de 1913. Deux usines de cette Compagnie situées près de la frontière de Pologne ont été fermées.

Nous connaissons encore bien d'autres établissements dont les bénéfices, et par suite les dividendes, ont été fortement réduits.

VIII. — Autriche-Hongrie

En Autriche-Hongrie, l'industrie minière et la sidérurgie sont indirectement atteintes par le manque de transport, les conditions ouvrières et les difficultés de vente. M. Schrödter évalue à 6 % la diminution sur l'extraction de la houille, à 10 % sur le coke, à 12 % sur les briquettes, à 30 % sur la fonte et à 40 % sur les demi-produits.

IX. — Conclusion

La conclusion du Rapport allemand comporte un certain nombre de critiques qu'il nous est agréable de lire et que nous citerons in extenso : « L'immense capacité de notre industrie n'a malheureusement pas été assez connue de l'Administration militaire, ce fait étant dû principalement à ce que le Reichstag ne voit qu'un intéressé dans chaque industriel. Il est caractéristique que la Commission de l'Armement, *instituée il y a un an à peine*, ne contienne pas un seul technicien compétent dans les questions sidérurgiques... Contrairement à l'Administration des Armées, la haute direction de la Marine a su rester en relations intimes et continues avec nous et profiter ainsi de tous les progrès. Le haut degré de perfectionnement de son matériel, si important à cette époque, est d'ailleurs universellement reconnu.....

« L'attribution des commandes militaires *et la distribution des matières premières confisquées* ont donné lieu à des procédés étranges ; le commerce intermédiaire a été largement préféré et des intérêts privés, qui méritaient une juste répression, se sont fait valoir avec succès... La Bureaucratie n'a pas diminué avec la guerre ».

Le rapporteur se plaint des cent trente lois et règlements prescrivant des mesures économiques, qui influencent vivement les conditions du service des usines et la vente des produits, mais il fait contre fortune bon cœur en se rappelant la devise : « Tout pour la patrie ».

Pour terminer, il entonne un chant de triomphe et jette un défi à l'Angleterre. Le manque de cuivre ne l'émeut pas. « Dans l'intérêt de la sécurité du pays, nous prendrons le cuivre partout où nous en trouverons. Si nos stocks importants s'épuisent, nous saisirons, *contre indemnités naturellement*, tout ce qui est fait en cuivre dans les pays occupés : conduites et câbles électriques, coussinets des machines, tuyères des hauts fourneaux, chaudières des sucreries, cuivrerie de ménage, jusqu'au dernier loquet. En considérant les millions de tonnes de cuivre qui ont été consommées ces dernières années, on voit que nous pourrons soutenir une guerre de trente ans avant d'arriver à fondre les toitures des églises et les monuments en bronze. Avec ses mesures, l'Angleterre anéantit les industries belges et françaises du Nord déjà si durement éprouvées. Les usines que la guerre avait ménagées jusqu'ici seront, par ces réquisitions, désorganisées pour de longues années. » Nous voilà prévenus.

Quant à la destruction du commerce extérieur allemand par l'Angleterre, M. Schrödter n'y croit pas, les progrès techniques de ses compatriotes, leur haute intelligence, leurs talents brillants et l'habitude du travail devant faire crouler comme châteaux de cartes les douzaines de rapports que le « Board of Trade » et la « Chamber of Commerce » ont publiés dans leur jalousie mercantile.

Les manifestations de cet orgueil démesuré se passent de commentaires. Nous y sommes habitués, et la meilleure réponse à faire est celle de

la fable : « Attendons la fin ». Tel un chronomètre dont les rouages compliqués ont été laborieusement agencés pour la précision, mais dont la marche ponctuelle dépend forcément du graissage des organes et de la tension du ressort, l'organisation industrielle de l'Allemagne, pour se maintenir puissante et forte, comme nous l'avons connue avant cette guerre, aurait besoin d'être remontée autrement que par des menaces et des rodomontades. La prolongation des hostilités et du blocus, en même temps qu'une diplomatie maladroite agissant au rebours du droit et de la civilisation, ce sont là autant d'éléments pour aggraver la crise qui s'annonce, et sa sidérurgie, en particulier, dont le rang était presque prépondérant dans le monde, sera fortement atteinte, et pour longtemps, car elle sera privée désormais des énormes bénéfices qu'elle tirait de l'exportation à outrance de ses produits et surtout de l'appui moral et même effectif d'un Gouvernement respectable et respecté qui faisait sa force. Déjà nous lisons dans le numéro du 15 février dernier du *Stahl und Eisen*, revue de M. Schrödter, sous la signature de M. Beumer : « La situation de la métallurgie allemande est loin d'être brillante, contrairement à ce qu'on prétend ici ou là, car elle doit faire face à des difficultés continuelles qui ne peuvent être vaincues qu'à force d'énergie et d'esprit d'entreprise ».

Emile Demenge.

LES RESSOURCES AGRICOLES DE LA FRANCE

I. — La Production en 1914

Quelques chiffres suffisent pour prouver que les prodigieuses ressources fournies par la culture du sol nous protègent sans difficulté contre la disette ou même contre une hausse inquiétante des prix.

Les relevés de la douane permettent de savoir très exactement quelles quantités nous importons de l'étranger et de nos colonies pour parer notamment à l'insuffisance de la production nationale. Eh bien ! en ce qui concerne les objets d'alimentation, voici le poids des denrées importées de 1910 à 1915 :

	En millions de quintaux				
	1910	1911	1912	1913	1914
Objets d'alimentation	41	64	46	55	52

Le chiffre qui se rapporte à l'année 1914 est moins élevé que celui de 1913 et de 1911. Or, si les ressources agricoles de la France n'avaient pas été suffisantes, il est clair que le commerce eût immédiatement multiplié ses achats pour satisfaire aux besoins de la consommation intérieure. Nos relations par mer n'ayant jamais été interrompues, les importations se seraient accrues rapidement dès l'ouverture des hostilités. Rien de pareil ne s'est produit, c'est l'évidence même, et l'on peut admettre, à la seule inspection de notre tableau, que nous sommes en état de subsister, sans avoir à redouter le rationnement alimentaire imposé par la nécessité à la population germanique.

Quand on entre dans le détail, il est visible que les chiffres globaux cités plus haut ne masquent pas des insuffisances relatives à certaines denrées alimentaires. Voici par exemple les importations principales en millions de quintaux :

Importations (c^te spécial)

	1914	1913	1912	1911	1910
Céréales	28	29	17	35	16
Riz	3.6	2.6	1,9	2.7	2.8
Farineux	4.0	4,8	4,5	5.6	4.1
Sucres	1.6	1.1	3,0	1.7	1.4
Bestiaux	0.3	0.5	0,7	0.6	0.6
Viandes	0.3	0,1	0,2	0,2	0.1
Œufs	0.2	0,3	0.3	0.3	0.2
Poissons	0.6	0,9	0.9	0.9	1.1

Comparées simplement aux importations de 1913, les entrées de 1914 ne révèlent nullement une insuffisance relative des récoltes ou de la production. C'est là un moyen indirect mais très sûr d'apprécier l'étendue de nos ressources et de prouver que ces dernières sont parfaitement normales.

Quand on a recours aux évaluations directes, les résultats obtenus ne sont pas différents.

En 1914, la récolte des céréales a été très voisine de la moyenne. Voici les chiffres que nous empruntons à une brochure éditée par le Ministère de l'Agriculture :

	Récoltes en millions de quintaux			
	1914	1913	1912	1911
Froment	87	86	90	87
Seigle	12	12	12	11
Orge	10	10	11	10
Avoine	54	51	51	50

Sans doute, il y aurait lieu de tenir compte des pertes et des pillages dans certaines régions envahies, mais l'importance générale de la production reste néanmoins démontrée.

Les pommes de terre constituent un aliment précieux qui est extrêmement abondant dans notre pays à l'heure actuelle. Depuis dix ans, notre récolte ne s'était pas élevée à un total aussi considérable. L'alimentation humaine est largement assurée, et, d'autre part, l'élevage du porc se trouve favorisé du même coup.

Notre production de vin dépasse 61 millions d'hectolitres contre 44 millions en 1913.

Les vignerons du Midi, embarrassés de leurs richesses, voient les prix baisser et se plaignent d'une crise, celle de la mévente.

Seule, la production du sucre a été réduite de plus de moitié parce qu'elle est localisée — comme celle de la betterave — dans les départements envahis et pillés par les Germains. En 1914-1915, 69 sucreries seulement ont travaillé et ont produit environ 350.000 tonnes de sucre, soit la moitié de la moyenne.

Sans doute notre troupeau a diminué. Le Ministère de l'Agriculture a fait une enquête qui paraît révéler une réductions de 10 % pour les bovidés et les moutons, et de 11 % pour les porcs. Les effectifs qui subsistent restent encore considérables :

13.297.000 pour les bovidés;
14.800.000 pour les ovidés;
6.200.000 pour les porcs.

Ces chiffres-là se passent de commentaires.

II. — La Marche des Prix

Il s'agit ici d'un renseignement intéressant et d'une preuve indirecte de l'importance des ressources dont nous disposons. Pendant cinq mois, du début des hostilités jusqu'en janvier, les cours des principaux produits agricoles sont restés très bas. Nulle hausse brusque et notable n'a traduit l'inquiétude du commerce et révélé ses craintes au sujet de l'approvisionnement. L'élévation des prix à partir de janvier répond à un mouvement général sur les marchés étrangers dont le nôtre est naturellement solidaire. Si médiocres qu'elles soient, nos importations sont cependant nécessaires et les cours de l'intérieur ont été influencés par la cote des places sur lesquelles sont faits nos achats.

La hausse même que l'on constate à l'étranger est expliquée surtout — pour les grains et la viande — par l'élévation considérable des frets maritimes. Ceux-ci ont augmenté dans de telles proportions que le coût de transport, par quintal, pour le froment, a passé de 1 fr. 25 à 8 fr. 20, entre Buenos-Aires et Liverpool, de 1 fr. à 6 fr. 50 entre Buenos-Aires et Gênes. Il est donc très naturel que les cours aient monté proportionnellement sur les marchés des pays importateurs. En France, cependant, les prix sont moins élevés que partout ailleurs. L'abondance de nos réserves limite et atténue la hausse générale.

III. — La future Récolte et l'avenir de la Production agricole

Nous sommes donc optimiste et il nous coûte peu de le reconnaître. Cette confiance doit-elle être ébranlée lorsqu'il s'agit de notre future récolte? Le doute et l'inquiétude sont ici tout naturels, car la mobilisation d'une part, et les réquisitions d'attelages d'autre part, ont rendu singulièrement difficiles la préparation des champs et les semailles. Cela est vrai, mais il faut tenir compte de l'énergie déployée par tous ceux qui restent dans nos campagnes.

Deux exemples suffisent à le prouver :

La déclaration de guerre a précédé ou suivi de très près la coupe de nos céréales et la rentrée des millions de gerbes qu'il fallait abriter dans les granges ou sous les meules.

Ce travail immense, qui devait s'étendre à quatorze millions d'hectares, a cependant été accompli dans d'excellentes conditions. Les battages ont été effectués régulièrement, puisque le grain n'a jamais fait défaut.

Sur une étendue de 1.800.000 hectares, les vignerons ont coupé le raisin, tâche délicate qui doit être accomplie rapidement, et la fabrication du vin qui ne saurait être différée a porté sur 61 millions d'hectolitres ! Le défaut de main-d'œuvre est donc un obstacle, redoutable assurément, mais un obstacle dont nos braves campagnards ont triomphé. Pourquoi n'auraient-ils pas réussi à labourer, à semer, à donner aux animaux les soins nécessaires et la provende

habituelle ? A propos de la moisson, le Ministre de l'Agriculture disait très justement[1].

« L'organisation méthodique des ressources locales dans les pays à culture morcelée, l'activité déployée par les femmes, les enfants, les vieillards restés a la ferme ou au village, le concours des évacués des villes fortes et de tous ceux qui, inoccupés dans les cités industrielles, venaient chercher à la campagne une vie peu onéreuse, ont permis avec quelques retards, avec quelques pertes inévitables dans la hâte imposée par les circonstances, la rentrée presque intégrale des moissons. »

Rien de plus vrai, croyons-nous, mais ici le passé répond de l'avenir. On fera demain, dans nos campagnes, ce que l'on a fait hier, et nous sommes convaincus que la production agricole de 1915 ne sera pas inférieure à celle de 1914, si les circonstances atmosphériques ne viennent pas la réduire.

C'est là, ne l'oublions pas, un avantage des plus sérieux dans la lutte que nous soutenons.

La production agricole annuelle représente une valeur de douze milliards de francs et elle constitue assurément plus du tiers du produit total de notre activité dans toutes ses branches et sous toutes ses manifestations. Il est extrêmement heureux que notre puissance productive reste intacte à ce point de vue. C'est là, sans doute possible, une sécurité et une force.

1. L'effort agricole de la France. Paris, Imprimerie nationale, 1915.

D. Zolla,
Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Grignon.

LA PRODUCTION ET LE COMMERCE DU BLÉ EN 1914

I

L'établissement de statistiques mondiales de la production annuelle des céréales présente des difficultés de diverses natures. Il est rare que tous les pays sans exception se trouvent dans un état de paix compatible avec l'établissement ou la publication de statistiques complètes : pour 1914, par exemple, l'Allemagne (moins la Prusse), l'Autriche, la Pologne russe n'ont pas publié leurs statistiques de récoltes annuelles. Cette discrétion des pays de l'Europe centrale nous gêne un peu pour apprécier leurs ressources actuelles en plantes vivrières. D'autre part, les unités de mesures sont différentes suivant les pays; l'hémisphère septentrional récolte ses céréales de février à novembre, alors que l'année-récolte de l'hémisphère austral va de décembre à mai.

Les stocks qui proviennent des années antérieures, les quantités nécessaires aux ensemencements de l'année courante, les substitutions qui se font dans l'emploi d'une céréale qui en remplace une autre, les fluctuations des courants d'importation et d'exportation, sont autant de facteurs qui troublent les conclusions qu'on pourrait faire, relativement aux disponibilités utilisables pour l'alimentation humaine d'un groupe de pays déterminés. Nous pensons que l'approximation relative, sur laquelle on peut compter, est peu constante elle-même, lorsque surgit un événement économique de l'importance de la présente guerre.

Ce qui est certain, c'est que, pour le blé, l'année-récolte 1913 a été excellente. Son chiffre de récolte est le plus fort qu'on ait jamais enregistré, et il est supérieur d'environ 8 % au chiffre moyen de la période quinquennale précédente. L'année 1914 donne un chiffre moindre.

Récoltes de blé (en quintaux)

Année-récolte 1913 (et 1913-14[1])	1.092.238.956 qx.
— — 1914 (et 1914-15).	1.003.775.806 —
Moyenne quinquennale (1909-1914	996.820.303 —
— décennale (1904-14)..	933.662.011 —

Des chiffres précédents on peut tirer une conclusion générale relative aux stocks supplémentaires reçus par l'année 1914 : ces stocks, venant de 1913, atteignent près de 100 millions de quintaux. Ils ont presque la même valeur que si c'était la récolte de 1914 qui était majorée d'autant.

En se plaçant au point de vue des ressources de l'Allemagne et de l'Autriche, jusqu'en juillet 1915, on voit que ces pays se trouvent favorisés par le fait que 1914 succède à une année d'abondance laissant des stocks. Si 1913 avait été une année de mauvaise récolte en blé, le blocus qui enserre l'Allemagne et l'Autriche aurait pu jouer plus facilement et à plus brève échéance.

L'année-récolte 1914-15 a été moins bonne que la précédente, mais sensiblement égale à la

1. Pour l'hémisphère austral.

moyenne des récoltes des dix dernières années. Elle vaut :

91,9 % de la valeur de la récolte de l'année précédente (1913)
107,5 % de la valeur de la moyenne quinquennale
100,7 % de la valeur de la moyenne décennale.

Il est bon de remarquer toutefois que certains pays, surtout dans la région atlantique d'Europe, ont eu, en 1914, un excédent sur 1913. Ce sont notamment :

Grande-Bretagne	10,3 %	en plus
Pays-Bas	5,9 %	—
Espagne	3,3 %	—
France	0,3 %	—

Alors que beaucoup d'autres pays ont trouvé en 1914 une récolte inférieure par rapport à celle de 1913 :

Prusse	15 %	en moins
Bulgarie	24,2 %	—
Danemark	29,8 %	—
Italie	21 %	—
Norvège	17 %	—
Suède	19,3 %	—
Roumanie	44,4 %	—
Suisse	6,6 %	—

En Russie, le déficit a atteint environ 20 % (soit 29 % en moins pour la Russie d'Europe, compensés en partie par 48 % en plus pour la Russie d'Asie).

Pour les pays qui, comme la Roumanie, la Russie, la Bulgarie, sont grands exportateurs habituels de blé en année normale, une récolte annuelle affaiblie diminue seulement les disponibilités à l'exportation. Pour les nations qui importent ordinairement du blé, et qui ont une récolte déficitaire, leurs besoins à l'importation sont devenus plus impérieux et se trouvent difficilement satisfaits aujourd'hui en raison de l'état de guerre qui paralyse la circulation terrestre et surtout l'arrivage maritime des produits. Dans cette situation se trouvent plusieurs pays neutres : Scandinavie, Italie, Suisse.

A défaut de chiffres officiels globaux, pour l'Allemagne et l'Autriche, nous pouvons supposer que leurs disponibilités ne sont pas inférieures au chiffre de la moyenne quinquennale, majoré en outre par l'importation qui a été possible pendant le premier trimestre de la guerre.

Si le blocus avait joué dès le mois d'août dernier, la situation aurait pu être très défavorable à ces pays dès la fin de mai 1915. Nous pensons que la raréfaction du blé en Germanie au mois de juin 1915 dépendra en partie des stocks réels d'avant la guerre, ou constitués par l'importation au début de la guerre. Avec le maintien d'un blocus effectif, si l'année récolte 1915-16 était mauvaise pour l'Europe Centrale, la pénurie de pain ferait capituler nécessairement le peuple allemand en juin 1916. Car le pain ne peut manquer longtemps sans créer un état révolutionnaire.

La statistique publiée par l'Institut International d'Agriculture[1] montre que la production mondiale du blé augmente assez régulièrement depuis dix ans.

Pour les cinq années 1904 à 1909, la moyenne annuelle était de 808.700.000 qx., alors qu'elle a été de 928.400.000 qx., pour la période 1910-1915, soit 14,8 % en plus.

Les difficultés de la circulation du blé depuis neuf mois ont probablement exagéré l'apparence des besoins réels du commerce mondial. Aussi les emblavures existantes pour les cultures de 1915 sont-elles partout en progression.

Les prix rémunérateurs sont d'ailleurs des excitants naturels.

Pour 1915, les documents officiels accusent, dans l'Inde, une augmentation de 23 % dans les superficies cultivées en blé; au Canada, en Grande-Bretagne, aux Etats-Unis, en Suisse, on enregistre environ 10 % en plus.

Nous pouvons être très rassurés sur les quantités de blés dont disposeront les Alliés en fin d'année 1915. Leurs importations exotiques seront aisées, si elles sont nécessaires. Pendant ce temps, l'Allemagne ne pourra escompter que ses récoltes indigènes de 1915, et cela pourra être très insuffisant pour elle.

Mais, qu'on le comprenne bien, la guerre peut durer jusqu'en juin 1916 sans qu'aucune famine puisse menacer d'autres peuples que ceux qui sont enfermés dans le blocus par les Alliés. Le soleil travaille sous toutes les latitudes, et la glèbe partout nourrit les moissons. Les 3 ou 4 millions d'agriculteurs qui, hors Germanie, ont quitté les champs pour l'armée de libération, sont remplacés en partie, et ne représentent d'ailleurs que 5 à 6 %, peut-être, de la main-d'œuvre qui, dans le monde entier, peine à la production du froment nourricier.

L'Institut international d'Agriculture de Rome estime que les disponibilités pour l'exportation, sur les récoltes faites depuis un an, sont de près de 198.000.000 de quintaux, et que les besoins accusés par les pays importateurs sont d'environ

1. *Bull. de Statistique*, n° 3, 6e année, mars 1915, et supplément.

162.000.000 Qx. Il resterait donc déjà, en perspective de disponibilité, pour l'année prochaine 1916, 36.000.000 de quintaux de blé, et cela sans tenir compte des stocks reportés des années précédentes.

II

Voyons maintenant l'influence du grand conflit européen sur les prix du blé d'importation et sur les prix du fret.

Voici deux types envisagés comparativement de 1913 à 1915 (tableaux I et II).

TABLEAU I. — **Blé américain (Red Winter), à New-York**

	PRIX DU BLÉ EN FRANCS A NEW-YORK PAR QUINTAL		PRIX DU FRET NEW-YORK-LIVERPOOL EN FRANCS PAR QUNITAL		PRIX DU BLÉ EN FRANCS A LIVERPOOL	
	1913-1914	1914-1915	1913-1914	1914-1915	1913-1914	1914-1915
3 juillet	18.80	16.80	0,90	0.99	—	18
18 septembre	18.66	22.94	0.99	1.19	19.87	23,78
2 janvier	19.23	26.32	0.99	3.51	20,50	29,25
5 février	19.33	33.61	0.80	4.09	20,56	—
26 février	19.99	29,79	0,61	4.66	20,68	38,17
Fluctuation, aux cinq dates considérées.	18.8 à 19.99	16,80 à 33.61	0,61 à 0,99	0.99 à 4,6	19,8 à 20,6	18 à 38,17

TABLEAU II. — **Blé argentin, à Buenos-Ayres**

	PRIX DU BLÉ A BUENOS-AYRES PAR QUINTAL		PRIX DU FRET EN FRANCS PAR QUINTAL DE BUENOS-AYRES à destination de				PRIX DU BLÉ A GÊNES PAR QUINTAL	
			Gênes		Liverpool			
	1913-1914	1914-1915	1913-14	1914-15	1913-1914	1914-1915	1913-1914	1914-1915
3-4 juillet	19,47	18.53	1,5	1	1,77	1,26	20,75	20,62
18 septembre	19	22,44	1.0	1,5	1,64	1,64	20	—
2 janvier	17,6	22	0.90	6	1,32	7,25	19.32	31,62
5 6 février	18 53	25,96	0,70	7	0,98	9,14	19,81	40,37
26 27 février	18,81	—	0,80	—	1,26	—	20,44	—
Fluctuation, aux 5 dates considérées	17,6 à 19,47	18,53 à 25,96	0,7 à 1,5	1 à 7	0.98 à 1,77	1,26 à 9,14	19,32 à 20,75	20.62 à 40,37

Le prix du fret dépend de nombreux facteurs, qui sont influencés par l'état de guerre continentale et maritime.

Pendant la guerre actuelle, le prix du fret d'une tonne de blé de New-York à Liverpool a passé de 9 francs à 46 francs, au lieu de varier de 6 à 9 francs. De Buenos-Ayres à Liverpool, il a passé de 12 à 91 francs au lieu d'être de 9 à 17 francs. De Buenos-Ayres à Gênes, il a été de 10 à 70 francs au lieu de se tenir de 7 à 15 francs.

Quant au prix du blé exotique dans les pays d'origine, il a été en hausse de 16,8 à 33 fr. 6 le quintal pour le blé rouge de New-York et de 18,5 à 25,96 pour le blé argentin, alors qu'en année normale les prix sont très stabilisés et ne varient guère, en 1913 par exemple, que de 18 fr. 8 à 19 fr. 99 pour le premier et de 17,6 à 19,47 pour le second.

En prenant les chiffres extrêmes enregistrés aux diverses dates des années 1913-14-15, on trouve les tableaux III et IV suivants qui expriment bien l'influence de la guerre sur les prix du blé et du fret.

TABLEAU III. — **Nombres index : Fluctuations du prix du blé américain et du fret (1913 1915)**

	PRIX DU BLÉ A NEW-YORK		PRIX DU BLÉ AMÉRICAIN A LIVERPOOL		PRIX DU FRET NEW-YORK-LIVERPOOL	
	Juillet 1913 à juillet 1914	Pendant la guerre, depuis juillet 1914	Juillet 1913 à juillet 1914	Pendant la guerre, depuis juillet 1914	Juillet 1913 à juillet 1914	Pendant la guerre, depuis juillet 1914
Chiffres extrêmes	18.14 à 20.09	16.80 à 33.61	18.58 à 20.79	18 » à 38.17	0.61 à 1.14	0.99 à 4.66
Différences	1.95	16.81	2.21	20.17	0,53	3.67
Valeur de la différence p. 100 du chiffre faible (Nombres index de la fluctuation du prix du blé et du fret.)	*10 %*	**100 %**	*11 %*	**112 %**	*86 %*	**370 %**

TABLEAU IV. — **Nombres index exprimant les fluctuations du prix du blé argentin et du fret (1913-1915)**

	PRIX DU BLE A BUENOS-AYRES (en francs)		PRIX DU BLÉ ARGENTIN				PRIX DU FRET DE BUENOS-AYRES			
			A GÈNES		A LIVERPOOL		VERS GÈNES		VERS LIVERPOOL	
	Juillet 1913 à juillet 1914	Pendant la guerre, depuis juillet 1914	Juillet 1913 à juillet 1914	Pendant la guerre	Juillet 1913 à juillet 1914	Pendant la guerre	Juill. 1913 à juill. 1914	Pendant la guerre	Juill. 1913 à juill. 1914	Pendant la guerre
Chiffres extrêmes	17,49 à 19,80	18,13 à 25,96	18,95 à 21,37	20,62 à 40 75	18,77 à 21,02	19,35 à 37,55	0,7 à 1,5	0,8 à 7 »	0.98 à 2,33	1,26 à 9.14
Différences	2,31	7,43	2,42	20,13	2,25	18,20	0,8	6,20	1,35	7,88
Valeur de la différence p. 100 du chiffre faible (Nombres index de la fluctuation)	*13 %*	**40 %**	*12 %*	**97 %**	*12 %*	**94 %**	*114 %*	**775 %**	*137 %*	**626 %**

Assurément le facteur sécurité explique certaines fluctuations des cours du fret. Mais il faut voir dans l'insuffisance de la marine marchande, disponible pour le commerce, une des causes de la hausse, et certainement la cause principale.

La place que tenait l'Allemagne au point de vue du transport des marchandises par mer était devenue considérable. Ses milliers de bateaux bloqués ou disparus manquent à l'équilibre de l'outillage maritime. Il faut souhaiter que les placements des peuples alliés se dirigent vers la marine marchande pour remplacer et supplanter l'Allemagne dans les transports internationaux :

Le Havre, Marseille, Bizerte port franc, Odessa peuvent faire concurrence à Hambourg, *si l'armement s'y développe suffisamment.* Mais tout est là : il faut risquer des capitaux sur mer; il y a trop longtemps que nous négligeons beaucoup en France ce compartiment économique de premier ordre. Il faut modifier nos habitudes à cet égard.

Nous le pouvons d'autant mieux, que nous seconderons ainsi le développement de la France d'outre-mer, de ce vaste et loyal empire colonial qui aujourd'hui nous donne des soldats, et qui pourra être le principal noyau militaire de notre force armée de demain.

Edmond Gain,

Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy,
Directeur de l'Institut Agricole et Colonial.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Blutel (E), *ancien professeur de Mathématiques spéciales au Lycée Saint-Louis, Inspecteur général de l'Instruction publique.* — **Leçons de Mathématiques Spéciales,** *à l'usage des candidats à l'Ecole polytechnique et à l'Ecole normale supérieure et des étudiants des Facultés des sciences.* — *2 vol. in-8 de 635 et 430 pages. Hachette et Cie, Paris,* 1914.

Le programme de la classe de Mathématiques spéciales de nos lycées a été profondément modifié, il y a une dizaine d'années : on a voulu en faire disparaître la spécialisation excessive qu'y avaient introduite peu à peu les exigences et les traditions des concours, et lui rendre le caractère d'une large introduction à l'étude des Mathématiques supérieures ; de là une plus grande analogie de cet enseignement avec celui des « Mathématiques générales » donné dans nos Facultés, mais avec cette différence essentielle qu'il ne vise pas seulement à mettre rapidement l'étudiant en possession d'un assez grand nombre de faits fondamentaux et de méthodes nouvelles, mais qu'il doit conserver la précision, la rigueur et la généralité nécessaires pour constituer une base solide à des études mathématiques complètes.

C'est à ce point de vue que s'est placé M. Blutel dans les leçons dont nous donnons ici un rapide aperçu; il a, d'ailleurs, indiqué lui-même dans une courte préface ce qui distingue plus particulièrement son ouvrage des traités similaires. Et d'abord, il a laissé de côté la Géométrie descriptive et la Mécanique, qui sont plutôt du domaine des Mathématiques appliquées; d'autre part, s'autorisant de la latitude laissée au professeur pour l'ordonnance du cours, M. Blutel adopte un dispositif dont sa grande expérience professionnelle lui a fait reconnaître les avantages : il mène parallèlement l'exposition de l'Algèbre et de la Géométrie analytique à deux et à trois dimensions, de sorte que les divers chapitres de la Géométrie se trouvent rapprochés des théories algébriques qui leur sont applicables. Cette disposition, qui s'était, d'ailleurs, assez naturellement introduite dans la plupart des cours de Mathématiques générales, augmente l'intérêt de l'enseignement, et permet d'apporter une plus grande variété dans le choix des exercices. M. Blutel a cru aussi, et sans doute avec raison, devoir traiter explicitement certains points insuffisamment spécifiés dans le programme officiel; c'est ainsi qu'il a rassemblé en un court chapitre les notions sur les formes quadratiques, de manière à donner l'unité indispensable à l'exposition de la théorie analytique des coniques et des quadriques; il a également jugé utile de donner sur la continuité des racines d'une équation algébrique les indications nécessaires pour le tracé exact des courbes définies par une équation implicite.

En ce qui concerne la théorie générale des fonctions, qui reste toujours le point le plus délicat de l'enseignement en Mathématiques spéciales, M. Blutel a su concilier le juste souci de la précision et de la rigueur avec la nécessité d'éviter les complications en faisant largement appel à l'intuition. L'introduction des nombres irrationnels faite dès le début, comme l'indique le programme, par la notion de coupure de l'ensemble des nombres rationnels, est suivie de quelques notions simples sur les ensembles en général; en particulier, la notion d'ensemble *dense* en un point permet à M. Blutel de présenter la théorie des limites avec une concision et une généralité plus grandes, par la considération du cas où les valeurs de la variable forment un ensemble infini, ne constituant pas nécessairement tout un intervalle. D'ailleurs, l'emploi d'un texte en caractères plus petits permet au lecteur de passer, dans une première étude, sur certains points délicats, sauf à en regarder le résultat comme intuitif, ce qui est tout-à-fait conforme aux instructions officielles.

Sans vouloir faire ici une analyse détaillée, qui serait beaucoup trop longue, de cet important ouvrage, j'essaierai seulement d'en indiquer le plan général. Le premier volume renferme l'Algèbre et les compléments de Trigonométrie, la Géométrie analytique de la droite, du plan, du cercle et de la sphère, l'Analyse infinitésimale et ses applications géométriques. Après avoir débuté, comme je l'ai dit, par les nombres irrationnels, M. Blutel généralise l'exposant et introduit les logarithmes. Il expose ensuite l'analyse combinatoire, le binôme et ses applications, puis la théorie des vecteurs (projections et sommes géométriques) et, enfin, celle des nombres complexes, de façon à donner à la notion de nombre la forme la plus générale.

M. Blutel étudie alors la théorie des déterminants, celle des équations, puis des formes linéaires, et aussi des formes quadratiques, qu'il fait suivre immédiatement des premières leçons de géométrie analytique (généralités, droite et plan, moments linéaires, cercle et sphère). On aborde alors la théorie générale des fonctions, les notions sur les limites et la continuité, et l'étude du polynôme entier qui fait l'objet de la théorie des équations algébriques. Ensuite vient l'étude des séries, puis celle des dérivées avec leurs applications algébriques et géométriques (tangentes et asymptotes, plan tangent, plan osculateur, construction des courbes, résolution des équations numériques); on arrive ensuite à la notation différentielle avec application aux changements de variables; la géométrie analytique se continue parallèlement par la détermination des lieux géométriques et des enveloppes (plan et espace). La mesure des aires conduit à l'intégration, dont les procédés sont appliqués aussi à la mesure de l'arc, avec application à la courbure et aux développées et développantes, et à celle des aires et des volumes, ainsi qu'à la détermination des centres de gravité et des moments d'inertie. La différentiation et l'intégration des séries entières fournit les développements usuels; le volume se termine par la théorie des équations différentielles du premier et du second ordre, et leurs applications géométriques.

Le tome II est plus exclusivement consacré à la Géométrie analytique qui acquiert, dès le début du volume, la généralité nécessaire par l'extension de la notion de coordonnées aux éléments à l'infini et imaginaires, avec application immédiate aux propriétés linéaires projectives et corrélatives (rapport anharmonique, correspondance homographique et involutive). Après avoir procédé à la classification des coniques, l'auteur aborde l'étude des propriétés projectives des lignes et des surfaces algébriques, qui résultent de leur intersection avec une droite; en particulier, il complète la construction des courbes en précisant l'étude de la courbe au voisinage d'un de ses points. Il revient alors à l'étude des propriétés projectives et corrélatives des coniques et des quadriques en général, puis procède à la détermination des centres, diamètres et axes, ce qui l'amène à la réduction de l'équation générale; puis il étudie les foyers et directrices, et ensuite les propriétés particulières de chaque ligne ou surface sur l'équation réduite. L'ouvrage se termine par l'étude analytique de l'homothétie et de la similitude, par les constructions de coniques, par l'étude de l'intersection de deux coniques et des faisceaux de coniques, et aussi par celle de l'intersection de deux quadriques et des faisceaux de quadriques, et enfin par trois chapitres consacrés aux coordonnées polaires.

Il y avait certainement une très grande difficulté à faire tenir en mille pages environ d'un assez petit format, un ensemble aussi étendu et aussi complètement traité. M. Blutel y est arrivé, à force de simplicité et de concision; d'ailleurs, par sa haute compétence professionnelle aussi bien que par sa grande valeur scientifique, il était tout désigné pour mener à bien une telle tâche; il y a complètement réussi, en écrivant une œuvre très personnelle, non seulement par son agencement, mais aussi par bien des modifications heureuses, à propos desquelles il s'efface trop modestement. Son livre, qui rendra les plus grands services aux étudiants et aux professeurs, sera, en même temps qu'une œuvre de haute portée, un guide précieux pour les aspirants à tous nos grands concours d'enseignement secondaire et supérieur.

M. Lelieuvre,
Professeur au Lycée et à l'Ecole des Sciences de Rouen.

2° Sciences physiques

Thompson (Sylvanus P.), *Principal et Professeur de Physique du « City and Guilds technical College », Finsbury, Londres.* — **Radiations visibles et invisibles.** Conférences faites a l'Institution royale de Grande-Bretagne, *augmentées de conférences nouvelles. Traduit de l'anglais par* M. L. Dunoyer, *Docteur ès sciences. — 1 vol. in-8° de 376 pages avec 196 fig. (Prix : 7 fr. 50). A. Hermann et fils, 6, rue de la Sorbonne, Paris,* 1914.

Les variétés très nombreuses de rayonnements actuellement connues appartiennent à deux catégories principales : celles qui constituent la lumière ordinaire visible, les radiations ultra-violettes, l'infra-rouge, les ondes hertziennes et aussi les rayons de Roentgen, sont des perturbations de l'éther; les rayons cathodiques, les rayons-canaux, les rayons α ou β du radium, etc., sont, au contraire, des trajectoires de particules plus ou moins grosses, dont la masse est réelle ou apparente et qui sont douées d'une charge électrique.

Sylvanus P. Thompson a réuni en un volume une série de conférences de Noël faites sur ces rayonnements devant un auditoire peu familiarisé avec les questions scientifiques. Ce sont ces conférences que M. L. Dunoyer a eu l'heureuse idée de traduire pour les lecteurs français.

La première est une étude générale des ondes lumineuses : vitesse de propagation, réflexion, réfraction. A ce propos, il est bon de signaler la méthode de calcul proposée par l'auteur pour obtenir les formules des miroirs et des lentilles, en s'appuyant uniquement sur la théorie ondulatoire : « On y arrive, fait-il remarquer, beaucoup plus facilement que par les encombrantes méthodes auxquelles leur adoption par tous les manuels d'Optique géométrique a fini par donner une sorte de consécration ». Il y a là une indication qui mérite d'être retenue : puisque la théorie des ondulations est celle qui explique le mieux l'ensemble des faits de l'Optique, pourquoi ne l'introduirait-on pas dans l'enseignement élémentaire? La lecture de l'ouvrage de Sylvanus Thompson montre qu'il n'y aurait à cela aucune difficulté sérieuse.

Les autres conférences sont consacrées à l'étude du spectre visible et de l'œil, à la polarisation de la lumière, au spectre invisible ultra-violet, au spectre visible infra-rouge, aux rayons de Rœntgen, aux rayons du radium, et à l'industrie de la lumière. Deux appendices dus à M. Dunoyer exposent les découvertes récentes sur les rayons du radium et les récents progrès réalisés dans l'éclairage par luminescence.

Le passage relatif à la théorie des ondulations est le seul pour lequel l'auteur se soit laissé aller à des développements théoriques. L'ouvrage revêt partout ailleurs un caractère expérimental, parfois même un caractère anecdotique, qui sont un charme pour le lecteur français. Les notions en apparence compliquées, comme celles relatives à la polarisation de la lumière, sont exposées d'une façon concrète très séduisante et que ceux des lecteurs qui ont la tâche délicate d'enseigner la Physique à de jeunes intelligences suivront avec intérêt et profit. Les étudiants et les professeurs, en outre des aperçus originaux sur la plupart des questions traitées, glaneront un peu partout des indications précieuses pour de nombreuses expériences de cours.

Il serait injuste de ne pas signaler l'élégance de la traduction que nous donne M. Dunoyer, élégance qu'on rencontre rarement dans les recueils d'origine étrangère et qui ne contribue pas peu à rendre attrayante et facile la lecture de l'ouvrage. M. Dunoyer ne s'est d'ailleurs pas borné à faire œuvre de traducteur : de nombreuses et très judicieuses remarques, mises modestement en notes et entre crochets, ainsi que les appendices signalés plus haut, précisent la pensée de l'auteur ou font brièvement connaître les progrès survenus depuis l'époque où les conférences ont été rédigées.

A. Boutaric,
Chargé d'un Cours complémentaire de Physique à l'Université de Montpellier.

Richardson (O. W.), *Professeur de Physique au King's College de Londres.* — **The Electron Theory of Matter** (La Théorie électronique de la matière). — *1 vol. in-8° de 612 p. avec 57 fig. (Prix cart. : 22 fr. 50). Cambridge University Press,* 1914.

Ce livre est simplement la rédaction du cours que M. Richardson a professé à Princeton University. C'est un exposé clair, quoique très abrégé, de la synthèse électronique, et il donne une bonne idée de l'unité que cette synthèse a apportée dans nos conceptions de l'univers physique. Il ne prétend ni à la nouveauté ni à l'originalité d'exposition, et pourra rendre des services aux personnes désireuses de se rendre compte de l'immense variété des phénomènes qui ont trouvé dans l'électron ou corpuscule cathodique leur lien caché. Comme il s'adresse à des étudiants déjà avancés, le côté théorique est abondamment développé, — peut-être un peu trop, — et peu de questions sont passées sous silence. Outre l'électromagnétisme classique (y compris les équations de Lorentz), l'auteur a traité successivement la dispersion, la masse électromagnétique, le principe de relativité, le corps noir, le magnétisme, la théorie électronique des métaux, la spectroscopie et même la structure de l'atome et la gravitation. On ne sera donc pas surpris de ne trouver par endroits que de simples esquisses, faites plus pour aiguiser la curiosité que pour la satisfaire. Nous citerons particulièrement la question de l'émission des électrons par les conducteurs incandescents, dont l'auteur s'est personnellement beaucoup occupé, et qu'il traite avec une compétence toute spéciale. En somme l'ouvrage atteint bien le but qu'il se propose.

Nous signalons pour terminer quelques critiques de détail. Les figures ne sont pas toujours parfaites, témoin celles des pages 20 et 51; le même nombre est égal une fois à 9,577, une autre fois à 9,649, etc. Mais ce sont là choses sans importance et qui n'enlèvent en rien sa valeur à l'ouvrage.

Eugène Bloch,
Professeur au lycée Saint-Louis.

3° Sciences naturelles

Gley (E.), *Professeur au Collège de France, membre de l'Académie de Médecine.* — **Les Sécrétions internes.** Principes physiologiques. Applications a la pathologie. — *1 vol. in-16 de 96 pages, de la collection :* Les Actualités médicales. *(Prix cart. : 1 fr. 50). J.-B. Baillière et fils, Paris,* 1914.

M. E. Gley présente, dans ce petit volume, une étude ferme, vigoureuse, claire et précise de la question si

touffue et si complexe des sécrétions internes. Nul d'ailleurs n'était, plus que lui, qualifié pour la traiter de main de maître, car il possède tout à la fois la maîtrise expérimentale qui lui a permis de découvrir un nombre considérable de faits sur la physiologie des thyroïdes et des parathyroïdes, et la maîtrise philosophique, qui lui a permis, par de légitimes généralisations, de tirer de ces faits les conclusions théoriques qu'ils comportent.

Dans la première partie de son ouvrage, consacrée à l'historique de la doctrine des sécrétions internes, et qui est bien l'un des historiques les plus remarquables qu'on rencontre dans la littérature physiologique, M. Gley, — après avoir rappelé les noms de précurseurs, Théophile Bordeu, Legallois, Henle, Berthold, Kölliker, et noté les principaux passages de leurs œuvres où il est fait une allusion vague, timide, inconsciente presque, aux sécrétions internes, — expose la part qui revient à Claude Bernard et celle qui revient à Brown-Séquard dans l'établissement des conceptions aujourd'hui classiques, à Claude Bernard l'initiateur, à Brown-Séquard l'instaurateur de la doctrine.

Le lecteur trouvera là, dans une douzaine de pages, une analyse merveilleuse de l'œuvre de Claude Bernard, qui, le premier, démontre directement l'existence d'une sécrétion interne (passage dans le sang du sucre formé par le foie) et énonce la conception générale de ces sécrétions entendues comme servant à maintenir la composition du sang, et de l'œuvre de Brown-Séquard, qui, généralisant les résultats obtenus par Claude Bernard, développe la notion de l'action exercée sur différents organes par des substances spéciales, sécrétées dans le milieu sanguin, et, par suite, cette autre notion non moins importante des corrélations fonctionnelles humorales.

Ces pages d'ailleurs, pour qui sait les lire, sont une lumineuse illustration des deux grandes personnalités scientifiques de Claude Bernard et de Brown-Séquard : le premier, expérimentateur précis, généralisateur prudent, incarnation parfaite de la méthode expérimentale, un peu trop froid peut-être, un peu trop académique sans doute pour provoquer quelqu'un de ces grands mouvements qui emportent irrésistiblement la foule des chercheurs ; le second, moins exact, moins prudent, homme d'action, entraîneur d'hommes, jetant les bases de conceptions qu'il faudra émonder et rectifier à coup sûr, mais qui élargiront pourtant nos connaissances et nous ouvriront brusquement des horizons nouveaux, vers lesquels les chercheurs se hâteront de progresser,

La seconde partie de l'ouvrage est consacrée à exposer la détermination précise des conditions qui font de ces glandes vasculaires sanguines un système spécial, et les caractères des produits que fournissent ces organes, cet exposé permettant de prendre une connaissance assez exacte de la nature et du rôle des glandes à sécrétion interne.

« Trois conditions, écrit M. Gley, suffisent à déterminer comme telle une sécrétion interne, mais ce sont trois conditions nécessaires; l'une est d'ordre histologique, l'autre est de nature chimique, et la troisième est d'ordre physiologique. En effet, les cellules des glandes dites vasculaires doivent offrir les caractères d'éléments glandulaires et ces éléments doivent être orientés par rapport aux vaisseaux efférents de l'organe; dans ces cellules et dans le sang veineux de la glande, ou dans la lymphe efférente, doit pouvoir être caractérisée chimiquement une substance spécifique ; enfin, le sang veineux de la glande doit présenter les propriétés physiologiques de cette substance spécifique. »

M. Gley, dans son exposé, montre que rarement ces trois conditions sont réalisées. C'est à la condition morphologique (structure cellulaire et rapport des cellules avec les vaisseaux) que satisfont le plus complètement les glandes à sécrétion interne ; la condition chimique n'est pas fréquemment remplie; exceptionnellement les produits de sécrétion ont été constatés dans les cellules glandulaires; plus exceptionnellement encore ont-ils été recherchés dans le sang efférent; la condition physiologique, présence d'une substance spécifique dans le sang efférent, démontrée par les propriétés physiologiques de ce sang, recueilli et injecté en quantité variable à un autre animal, n'a pas été reconnue pour la plupart des glandes vasculaires sanguines. Le plus souvent, on a étudié l'action physiologique exercée par les extraits de ces glandes, et si la méthode est moins recommandable en principe, elle est pratiquement imposée presque obligatoirement aux physiologistes par les conséquences thérapeutiques qu'elle présente pour le traitement de diverses affections pathologiques.

Les produits de sécrétion interne sont très différents les uns des autres par leur nature, mais surtout par leur mode d'action et par leur destinée physiologique. M. Gley distingue les matériaux nutritifs qui servent soit pour la consommation énergétique, soit pour la réparation sanguine, — les substances morphogénétiques ou harmozones, qui servent à l'édification des tissus au cours du développement, — les hormones, qui provoquent des fonctionnements d'organes et jouent le rôle d'excitants, — les parhormones enfin qui sont essentiellement des substances de déchet.

Dans la troisième partie, M. Gley traite du fonctionnement des glandes à sécrétion interne, fonctionnement normal et fonctionnement troublé.

Au fonctionnement normal des glandes à sécrétion interne se rattachent trois problèmes : Avec quel matériel les éléments glandulaires fabriquent-ils les substances spécifiques de leur sécrétion ; quelles sont les causes qui provoquent l'excrétion cellulaire, c'est-à-dire la décharge de la glande; les sécrétions internes exercent-elles sur les diverses glandes à sécrétion interne des actions réciproques? Les deux premiers problèmes n'ont guère été abordés que pour la fonction glycogénique et la fonction uréopoïétique du foie; le troisième problème, dont l'importance pathologique est assurément considérable, a été posé, mais on ne saurait dire qu'il a été résolu, même dans un petit nombre de cas : M. Gley expose avec soin les tentatives qui ont été faites et en montre, dans une critique serrée, l'inanité presque absolue. En lisant ces pages on prend nettement conscience de l'ignorance presque totale dans laquelle nous sommes touchant le fonctionnement normal de la plupart des glandes vasculaires sanguines, et nous devinons quelle riche moisson pourra faire celui qui, en modifiant les méthodes de recherche, saura s'y adonner.

Quant au fonctionnement troublé, M. Gley, se plaçant au point de vue physiologique, ne pouvait que présenter quelques réflexions générales relatives aux faits d'hyposécrétion et d'hypersécrétion ainsi qu'aux déviations trophiques.

Cette analyse ne saurait donner qu'une idée imparfaite de l'excellent ouvrage, si vigoureusement écrit par M. Gley. On y trouvera la marque d'un esprit positif et original, qui sait, dans une question éminemment touffue, distinguer l'essentiel et le superflu, retenir les faits fondamentaux, développer les doctrines fertiles et écarter résolument toute cette végétation parasite, dont nous fûmes envahis et qu'il faut impitoyablement jeter au feu, parce qu'elle dissimule et étouffe la vraie science, comme l'ivraie étouffe le bon blé.

Maurice Arthus,

Professeur de Physiologie
à l'Université de Lausanne.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 12 Avril 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **S. Chevalier** : *Effet de la dispersion atmosphérique sur le diamètre des astres photographiés.* L'auteur montre que l'effet de la dispersion atmosphérique sur le diamètre d'un astre photographié ne dépend que très peu de l'éclat de l'astre et de la sensibilité des plaques. Pourvu que l'objectif soit achromatisé pour la photographie et que la pose, la sensibilité des plaques et le développement soient proportionnés à l'éclat de l'astre, de manière à obtenir une image à contours arrêtés, mais bien transparente, on pourra avec sécurité employer le coefficient $0'',17$ pour corriger les diamètres mesurés de l'astre.

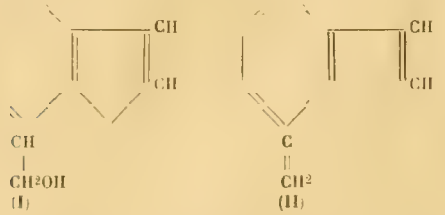
2° Sciences physiques. — M. **de Forcrand** : *Sur un hydrate d'hydrogène arsénié.* L'auteur a préparé un hydrate d'hydrogène arsénié en cristaux en comprimant du gaz AsH^3 presque pur avec quelques gouttes d'eau dans un tube de Cailletet. Sa tension de dissociation à 28°,2 — point au delà duquel il se décompose quelle que soit la pression — est de 17,5 atm.; elle est de 760 mm. de mercure à 1°,6. La formule de l'hydrate est $AsH^3 + 6H^2O$; sa chaleur de formation à l'état solide à partir de l'eau liquide et de AsH^3 gazeux est de + 17,8 cal. Cet hydrate présente de grandes analogies avec ceux des gaz SH^2, SeH^2 et PH^3. — M. **Lubimenko** : *Expériences sur l'antioxydase des fruits de la tomate.* L'auteur a constaté que le tissu des fruits de la tomate renferme un enzyme qui paralyse l'action oxydante de la peroxydase; cet enzyme, ou antioxydase, est beaucoup plus sensible que la peroxydase à l'influence de divers antiseptiques; le toluène le détruit même assez rapidement. Chez les fruits très jeunes, c'est la peroxydase qui prend la prépondérance sur l'antioxydase, et cette prépondérance atteint son maximum au stade qui précède le rougissement des fruits; plus tard, le rapport change en sens contraire et l'appareil chlorophyllien reflète ce changement par l'accumulation de la lycopine.

3° Sciences naturelles. — MM. **A. Muntz** et **E Lainé** : *Etude sur la formation des limons et leur charriage par les cours d'eau dans les Alpes et les Pyrénées.* Les auteurs ont déterminé les quantités de matériaux charriés par les principaux cours d'eau des Alpes et des Pyrénées. A cause de la fréquence de certaines formations récentes, très friables et affouillables, l'érosion est beaucoup plus intense dans les Alpes, dont les rivières arrachent d'énormes masses de matériaux. Ainsi l'Isère, à Montmélian, qui draine alors un périmètre dont la surface est d'environ 4.850 km², a charrié en moyenne, pendant la période 1911 à 1913, 39 millions de tonnes de limon par an, ce qui correspondrait à 8.000 tonnes par km². La Durance transporte notablement moins de matériaux; ils correspondent cependant à 1117 tonnes par km² de versant. Mais ces derniers limons sont très fins et, à part ceux que les canaux d'irrigation transportent sur les terres, ils sont en grande partie entraînés jusqu'à la mer, tandis que les limons de l'Isère, beaucoup plus grossiers, se déposent rapidement. Les rivières, agents de sédimentation en même temps que de transport, forment, tout le long de leurs vallées, des terrains à texture de plus en plus fine, à mesure que leur pente diminue. — M. **A. Jungelson** : *Intoxication chimique et mutation du maïs.* L'auteur a constaté que l'intoxication de la semence du maïs, par contact de 1 à 24 heures avec une solution aqueuse à 1 ou 2 % de sulfate de cuivre électrolytique, confère à la plante qui en est issue un état spécial, une aptitude à produire des formes nouvelles, et cela d'autant plus facilement que le contact entre les tissus de la graine et le toxique était plus intime, puisque les grains blessés et mutilés ont donné une proportion plus élevée de types anormaux que les grains intacts. — MM. **H. Vincent** et **Gaillard** : *Sur l'épuration de l'eau de boisson par l'hypochlorite de calcium.* Les auteurs ont préparé des comprimés renfermant 0,015 gr. d'hypochlorite de Ca et 0,08 gr. de Na Cl pur, qui possèdent la propriété, sans être broyés, de diffuser rapidement le chlore actif dans l'eau à épurer. Les matières organiques des eaux sont oxydées en grande partie par le chlore actif et les microbes, pathogènes ou autres, sont tués en 10 ou 15 minutes au plus. L'eau épurée ne présente aucun goût appréciable. L'épuration par ces comprimés, simple et pratique, d'une innocuité absolue, d'une efficacité considérable et très rapide, ne nécessite pour son emploi aucune manipulation ni aucun dosage (employer un comprimé par litre d'eau). — M. **J. Vallot** : *Sur une installation permettant d'appliquer l'héliothérapie intensive, en hiver, aux blessés et aux convalescents militaires.* Pour qu'une installation soit vraiment efficace, il faut que le malade soit placé dehors, recevant les radiations de la voûte céleste en même temps que celles du soleil. Il faut le préserver du vent, et il est indispensable que l'air dans lequel il est plongé soit échauffé suffisamment pour que l'héliothermomètre marque de 38° à 40°. L'auteur a réalisé ces conditions à l'aide d'un système très simple d'écrans absorbants. L'appareil individuel se compose d'une logette formée de trois écrans verticaux de 2 m. de hauteur. L'écran de fond, en face du soleil, mesure 1 m. de largeur, et les écrans latéraux ont 1 m. 60. Ceux-ci sont accrochés à l'écran de fond et placés à angle ouvert (environ 110°) de manière à réfléchir les rayons solaires vers l'intérieur. Chaque écran est formé d'un châssis en bois sur lequel est tendue une toile forte, peinte en blanc. Il n'y a pas de toit. Tout le système tourne autour d'un pivot vertical, de manière à pouvoir être orienté à toute heure vers le soleil.

Séance du 19 Avril 1914

1° Sciences physiques. — M. **A. Leduc** : *Sur la vitesse du son dans les mélanges gazeux.* L'auteur donne diverses applications de la formule qu'il a obtenue précédemment (voir p. 225). Ainsi la correction à apporter à la vitesse du son observée dans l'air saturé pour la réduire à l'air sec atteint 1 m. au voisinage de 17°,7; elle est de 0 m. 71 à 0 m. 72 pour l'air saturé à 12°,5. Analysant les expériences de Regnault sur la vitesse du son dans l'acide carbonique, il montre que le gaz préparé par ce savant renfermait de l'air, et cela dans la proportion de 3,3 %. Enfin M. Leduc montre qu'on peut également calculer d'après ses formules le nombre de battements qui doit se produire dans le grisoumètre acoustique dont l'un des tuyaux est alimenté par de l'air atmosphérique, l'autre par de l'air grisouteux. — M. **D. Berthelot** : *Cinétique des réactions photochimiques.* L'auteur revient sur des considérations déjà exposées ici (voir p. 227) et relatives à l'analogie des réactions photochimiques et des réactions thermiques, à condition d'envisager les électrons au lieu des molécules. Ces réactions sont presque toujours du premier ordre; toutefois, elles présentent deux différences notables avec les réactions thermiques : 1° Elles ne sont de premier ordre que si l'on opère sur des solutions diluées et des couches minces; sinon, les radiations actives étant absorbées par les premières couches liquides, les

suivantes sont soustraites à leur action, les électrons n'y sont plus mis en mouvement et l'ordre de la réaction baisse progressivement; 2° Sous l'influence de la lumière, les particules prennent des vitesses beaucoup plus grandes que sous l'influence de la chaleur; on s'explique par là que l'élévation de température, qui influence si fortement la vitesse des réactions chimiques ordinaires, n'ait que peu d'effet sur les réactions photochimiques. Les réactions photochimiques pures sont caractérisées par un coefficient de température très voisin de l'unité. — MM. **V. Grignard** et **Ch. Courtot** : *Sur le benzofulvanol et le benzofulvène.* Les auteurs, en faisant réagir le trioxyméthylène rigoureusement sec sur le bromomagnésien indénique, ont obtenu le benzofulvanol (I), liquide visqueux incolore, à odeur de rose, Eb. 134° sous 10 mm., se décomposant par conservation



prolongée. En le déshydratant par la méthode catalytique de Senderens dans le vide, on obtient un liquide jaune d'or qui cristallise immédiatement en paillettes jaune-verdâtre, F. 37°, qui absorbent rapidement l'oxygène de l'air; c'est le benzofulvène (II). Conservé à l'abri de l'air en tube scellé, il se polymérise assez rapidement et se transforme en une masse vitreuse très dure, d'un beau jaune, rappelant la colophane. — M. **Ch. Courtot** : *Sur la théorie de l'oscillation de la double liaison indénique.* Contrairement à la théorie de Thiele de l'oscillation permanente de la double liaison indénique, l'auteur a observé un certain nombre de faits qui établissent, d'une manière générale, l'existence individuelle des isomères α et β. En effet, dans la condensation de l'acétone avec le bromomagnésien de l'indène, on obtient un diméthylbenzofulvanol liquide, bouillant à 125° sous 8 mm., qui, traité par la potasse alcoolique, se transforme rapidement en un isomère cristallisé, F. 82°. L'oxydation permanganique montre que le premier est le dérivé α, le second le dérivé γ. L'action du chlorure de benzyle sur le magnésien de l'indène donne l'α-benzylindène, liquide, Eb. 175°-177° sous 14 mm., qui, traité par KOH, se transforme en isomère γ cristallisé, F. 34°, identique au corps préparé par Thiele. D'une façon générale, les dérivés monosubstitués indéniques sont capables d'exister, à l'état libre, sous les deux formes α et γ, la première se transformant aisément en la seconde sous l'influence des alcalis. — M. **Fonzes-Diacon** : *Sur les bouillies cupriques.* D'après l'auteur, les bouillies acides sont les plus riches en sulfate tétracuivrique; elles renferment en outre, en solution, du sulfate de cuivre libre ainsi que les éléments du sulfate tétracuivrique; leur action anticryptogamique est très élevée. Les bouillies neutres renferment d'autant moins de ce sel basique qu'elles sont plus fortement neutres. Les bouillies alcalines en renferment peu; la liqueur qui les surnage tient en dissolution du bicarbonate de cuivre qui, par sa décomposition très rapide à l'air, ne donnera que de l'hydrocarbonate de cuivre, forme sous laquelle le cuivre est moins actif.

2° Sciences naturelles. — MM. **A. Muntz** et **E. Lainé** : *Etudes sur la valeur agricole des limons charriés par les cours d'eau des Alpes et des Pyrénées.* Les limons fins transportés par les canaux d'irrigation constituent des sols de capacité pour l'eau moyenne, mais compacts, asphyxiants et imperméables. Ils tendent donc à communiquer ces derniers défauts aux terres irriguées, en y accroissant la proportion des éléments fins sans augmenter leur fertilité; mais cette action ne se produit qu'à la longue. Par contre, le limonage peut transformer des terres stériles en terres très productives, comme on le voit par l'exemple de la plaine de la Crau, où le colmatage a pour ainsi dire créé de toutes pièces des sols dont la fécondité tranche sur le reste de ce pays déshérité. — M. et Mme **F. Moreau** : *L'évolution nucléaire et les phénomènes de la sexualité chez les Lichens du genre Peltigera.* Les auteurs concluent de leurs recherches que, chez les Lichens du genre *Peltigera*, il n'y a pas de fusion de noyaux dans l'ascogone; la seule karyogamie qui existe a lieu dans l'asque; elle est immédiatement suivie d'une réduction chromatique qui présente les mêmes caractères que chez les autres êtres vivants.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 13 *Avril* 1915

MM. H. Roger et **M. Chiray** : *La glycuronurie normale et pathologique; ses variations dans la cirrhose et le diabète.* Dans les conditions normales, l'urine de l'homme contient toujours de l'acide glycuronique. La quantité varie avec le régime alimentaire : elle augmente quand on ingère une forte proportion de viande et diminue sous l'influence du régime végétarien. Dans la diète lactée ou après une période de jeune, la réaction est très faible et parfois négative. L'acide glycuronique provient sans doute du foie, car il est absent chez ceux qui souffrent d'affections hépatiques, en particulier dans la cirrhose atrophique et le diabète. — M. **G. Gross** : *La stérilisation par les vapeurs de formol en chirurgie de guerre.* Tout objet placé dans une atmosphère saturée de vapeurs de formol, dans des conditions de temps et de température déterminées (24 h. à froid, 2 h., à 25° et 20 min. à 50°), et pénétré par ces vapeurs, est stérilisé. On obtient ces vapeurs en laissant s'évaporer du trioxyméthylène ou méthanal en poudre ou en pastilles; on opère dans une étuve formée par une caisse métallique allongée. Non seulement pour les gants et les instruments, mais aussi pour les fils et les compresses, la stérilisation est constante et complète et les résultats identiques à ceux fournis par l'étuve sèche et par l'autoclave.

Séance du 20 *Avril* 1915

M. **E. Mosny** : *La rééducation professionnelle et la réadaptation au travail des estropiés et des mutilés de la guerre.* Le soldat, dont les blessures peuvent aboutir à une invalidité permanente résultant de la perte partielle ou totale d'un membre ou de ses fonctions, passe par deux phases successives : l'une médico-chirurgicale, l'autre professionnelle. La plaie accidentelle ou opératoire une fois cicatrisée, il peut subsister des déformations, des attitudes vicieuses, des mutilations avec moignon défectueux, des atrophies musculaires, justiciables, selon les cas, d'opérations secondaires de réparation ou de rectification, ou bien d'applications de procédés de physiothérapie. Quand la thérapeutique a donné tout ce qu'on en pouvait attendre, l'état du blessé est définitif. Si le blessé demeure atteint d'une impotence fonctionnelle ou d'incapacité permanente de travail, lui donnant droit à une pension, il a intérêt à reprendre le travail pour augmenter ses moyens d'existence et pour assurer son indépendance matérielle et morale. Les uns pourront reprendre leur ancien métier; d'autres devront en apprendre un nouveau. C'est pour les réadapter au travail que l'on devra entreprendre leur éducation professionnelle. Celle-ci n'aura chance d'aboutir que si le blessé, estropié ou mutilé, en est physiquement ou intellectuellement capable et s'il en est moralement désireux. Quels doivent être les principes de cette rééducation professionnelle? Elle aura lieu dans des ateliers spéciaux, créés et aménagés à l'intention des blessés. Le placement à l'apprentissage chez des patrons, en face de

l'avantage d'un plus grand choix de métiers, présente de tels inconvénients qu'il est préférable d'y renoncer: c'est du moins l'expérience des créateurs d'ateliers de rééducation professionnelle pour les accidentés du travail dans les pays scandinaves et en Belgique. Ces écoles-ateliers seront l'œuvre des municipalités ou de l'État; M. Herriot, maire de Lyon, en a déjà créé une le 15 décembre dernier, qui fonctionne admirablement et a déjà donné les plus beaux résultats. La direction sera à la fois médicale et technique; les professeurs ne devront pas être seulement des techniciens de premier ordre, mais des éducateurs patients et dévoués. Enfin la rééducation professionnelle des estropiés et des mutilés de la guerre ne doit pas avoir seulement pour but de les dégrossir, de les réadapter simplement au travail, mais bien d'en faire des ouvriers émérites dans le métier qu'ils auront choisi, aidés des conseils du médecin et du technicien, voire même d'en faire des patrons. Le nombre des professions d'ordre commercial, industriel et même agricole accessibles aux mutilés est encore assez important. Les écoles-ateliers devront être doublées d'une œuvre de placement, et même d'une caisse de prêt de premier établissement pour ceux qui, mieux doués et devenus maîtres en leur art, pourront aspirer à devenir patrons. — M. le Dr **Gachet** : *Thérapeutique spécifique et prophylaxie du bouton d'Orient.* L'auteur a reconnu que l'arséno-benzol et le néo-arséno-benzol, en injection intra-veineuse, ont une action curative réelle contre le bouton d'Orient : ils amènent la cicatrisation complète et définitive en 3 à 5 semaines, suivant l'étendue de l'ulcération; deux injections sont parfois nécessaires, à une ou deux semaines d'intervalle. Un cas traité avant l'ulcération guérit sans laisser de traces; dans les boutons ulcérés, le traitement arrête immédiatement les processus ulcératifs; la cicatrisation est plus rapide, la cicatrice plus régulière. Dans les cas graves, le traitement, en arrêtant le processus ulcératif, prévient les mutilations irréparables et les pertes d'organes. Le bouton d'Orient ou salek est très répandu en Perse, chez le chien, qui le communique à l'homme, probablement par l'intermédiaire de la mouche *Hippobosca canina.* Toute la prophylaxie de cette affection se résume dans la destruction des deux foyers : celui de l'homme par le traitement, celui du chien par le traitement des animaux domestiques et l'abatage des chiens errants.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 17 Avril 1915

M. **J. Nageotte** : *Le processus de la cicatrisation des nerfs.* L'auteur a pu se convaincre que les appareils de Schwann jouent, dans la cicatrisation des nerfs, un rôle très différent de celui qui tend à être admis à l'heure actuelle. Selon toute vraisemblance, dans les cicatrices nerveuses, les jeunes axones poussent et cheminent toujours à l'intérieur des travées d'un réseau syncytial qui naît préalablement à partir de la surface de section des appareils de Schwann, aussi bien du bout central que du bout périphérique. Ses recherches le portent à penser que les axones ne s'avancent pas nus dans le mésenchyme, mais restent contenus dans un territoire ectodermique provenant de la gaine des fibres anciennes. En somme, ce qui pousse dans la cicatrice des nerfs sectionnés, ce ne sont pas les axones, mais les fibres nerveuses, c'est-à-dire les complexus d'origine ectodermique qui sont constitués par les axones et leurs gaines. A aucun moment ces complexus ne paraissent se dissocier, sauf dans le bout inférieur du nerf par disparition des axones. — M. **D.E. Paulian** : *Parasitisme et éosinophilie.* Étant donné que dans l'helminthiase on trouve toujours une éosinophilie manifeste, l'auteur a recherché si cette éosinophilie est due à la présence des vers et par quel mécanisme. Il montre que les toxines sensibilisent l'organisme en créant l'état anaphylactique, et que l'anaphylaxie fait apparaître les éosinophiles qui ont la charge de défendre l'organisme contre les toxines de même que les polynucléaires le défendent contre les microbes. — MM. **C.-J. Parhon** et **E. Savini** : *Essais de culture microbienne sur milieux glandulaires.* Les auteurs ont reconnu que les milieux thyroïdiens stérilisés à 60° ou à 115° exercent une action bactéricide très nette sur le bacille tuberculeux et la bactéridie charbonneuse qu'on y cultive. La glande surrénale ne représente pas non plus un milieu avantageux pour le développement du bacille tuberculeux. — M. **A. M. Przemycki** : *Sur la coloration vitale du noyau. II. Coloration avec la base libre du rouge neutre.* L'auteur a tenté de colorer des Infusoires avec la *base libre* du rouge neutre, sous forme de petites particules en suspension dans l'eau, où elle est insoluble. Dès que les animalcules arrivent au contact de la base, ils commencent à se colorer. Le processus de cette coloration est rapide en comparaison avec celui du rouge neutre; la durée de vie des organismes colorés avec la base libre est en général plus courte que dans le cas du rouge neutre. C'est l'organisme lui-même qui dissout la base libre, puisqu'elle est insoluble dans l'eau, et cette dissolution ne peut être obtenue que par une sécrétion externe d'un organisme. — M. **E. Pinoy** : *Nutrition et coloration des Myxomycètes.* L'auteur est parvenu à obtenir des plasmodes purs de Myxomycètes. Le plasmode pur peut vivre pendant quelques jours; ensuite il dépérit et disparaît par autolyse, car il ne peut se nourrir par osmose et ne vit que par ingestion de bactéries. Il se développe beaucoup en présence de *B. coli*, mais non en présence du bacille tuberculeux ni du bacille typhique; il se développe également en présence du bacille paratuberculeux de Grassberger, et se colore en rouge brique par le pigment de la bactérie.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 26 Mars 1915

M. **G. Rebière** : *Détermination de la grosseur des particules ultramicroscopiques par une méthode chronophotographique.* L'auteur a étudié l'application de la formule du mouvement brownien :

$$\Delta_x^2 = \frac{RT}{N}\,\frac{t}{3\pi\eta r} \qquad (1)$$

à la détermination du rayon des particules ultramicroscopiques des colloïdes. Si on remplace dans l'équation ci-dessus les constantes générales par leur valeur et si on envisage le déplacement Δx d'une particule pendant un temps t (égal à $0^{sec},75$) dans un milieu de viscosité $\eta = 0{,}010$ et à la température de 20°, on obtient, en résolvant (1) par rapport à r (r = rayon de la particule) :

$$r = \frac{37.10^{-16} \cdot 75.10^{-2}}{\Delta_x^2}$$

La mesure de r se ramène donc à la mesure d'un déplacement dans un temps t. Pour déterminer Δ on a déjà utilisé l'enregistrement cinématographique (V. Henri : *C. R. Ac. Sc.*, 8 mai 1908.) Toutefois le film et l'appareil cinématographiques présentent au point de vue de cet enregistrement et des mesures ultérieures plusieurs inconvénients : 1° Le temps t ne peut être évalué au moyen du cinématographe ordinaire qu'avec une approximation insuffisante; 2° Les pellicules ou films se prêtent mal à la photographie d'objets, souvent colorés (grains ultramicroscopiques rouges et verts); 3° La pellicule ne conserve pas des dimensions constantes. Après les opérations du développement, du fixage et du lavage, la dessiccation la rétrécit plus ou moins suivant les circonstances et l'image obtenue n'est plus superposable à l'image réelle qui a impressionné le film. Les mesures sont de ce fait entachées d'une erreur importante. Pour remédier à ces inconvénients, M. Rebière a fait construire un appareil, qu'il présente, permettant l'enregistrement, sur une plaque panchromatique

de 10 images projetées sur la plaque par l'ultramicroscope, et prises à des intervalles de temps exactement connus. Ce résultat est obtenu grâce à l'entraînement électro-magnétique d'un châssis porte-plaque et à l'ouverture également électro-magnétique d'un obturateur, les deux systèmes étant commandés par un métronome à excitation électrique, de telle sorte que, le châssis étant au repos, l'obturateur est ouvert et l'impression photographique a lieu, et inversement, l'obturateur étant refermé, le châssis est entraîné par un mouvement vertical et se déplace de la hauteur d'une image. Un réticule, tendu dans la fenêtre qui limite l'image, projette son ombre sur la plaque et constitue une ligne de repère par rapport à laquelle, après avoir agrandi les clichés, on mesure les déplacements, au moyen d'une machine à diviser. En tenant compte des grossissements de l'ultramicroscope et de l'agrandissement photographique, on détermine la valeur de Δ pour un certain nombre de grains ultramicroscopiques. Ces valeurs, portées dans l'équation (2), donnent, pour r, une série de nombres dont la moyenne constitue la grosseur de la particule ultramicroscopique telle qu'on la définit. Appliquant cette méthode à des particules de soufre colloïdal, M. Rebière a trouvé pour des solutions à gros grains $144,9 \times 10^{-7}$ et pour des solutions à petits grains $13,4 \times 10^{-7}$.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 16 Février 1915

1° Sciences physiques. — M. **A. J. Ewart** : *Sur la fonction de la chlorophylle*. L'auteur déduit de ses recherches les conclusions suivantes : 1° Dans la photo-oxydation de la chlorophylle, de la xanthophylle et de la carotine, il ne se produit aucun peroxyde, organique ou inorganique. L'effet oxydant de ces dernières substances sur KI lorsqu'elles subissent l'oxydation à la lumière est dû au fait qu'en présence d'un excès d'oxygène elles peuvent agir comme oxydases, non seulement pour elles-mêmes, mais pour les substances avec lesquelles elles sont en contact : tournesol, gaïac. 2° La chlorophylle et la xanthophylle se décomposent durant la photo-oxydation en solides et en gaz. Les solides sont des substances cireuses incolores et des hexoses; les gaz sont du formaldéhyde. 3° CO^2 se combine avec la chlorophylle en formant de la xanthophylle et un solide cireux incolore. La combinaison n'a lieu qu'en présence d'eau et elle est accélérée par la lumière solaire. Il est possible que, dans cette dernière réaction, une partie de l'oxygène libéré oxyde la xanthophylle à la lumière solaire en formaldéhyde, sucre et phytyle, ce dernier reprenant sa place dans le groupement tricarboxylique chlorophyllien. Dans tous les cas, il est clair que l'assimilation de CO^2 comporte une série complexe de transformations chimiques réversibles où la chlorophylle et la xanthophylle jouent un rôle chimique direct.

2° Sciences naturelles. — MM. **J. Barcroft** et **T. Kato** : *Effet de l'activité fonctionnelle sur le métabolisme, la circulation sanguine et l'exsudation dans les organes*. Les organes étudiés par les auteurs ont été le muscle squelettique et la glande sous-maxillaire. 1° Non seulement l'oxygène consommé par ces organes augmente pendant leur activité, mais encore cette augmentation continue pendant plusieurs heures. La courbe d'oxydation présente généralement deux maxima : le premier pendant la période d'activité, le second beaucoup plus tard. 2° L'eau quitte les vaisseaux sanguins en beaucoup plus grandes quantités pendant et après l'activité des organes qu'avant; on observe quelquefois un second maximum analogue dans le cas de l'exsudation. 3° Dans le cas du muscle, toute l'exsudation ne quitte pas le muscle à l'état de lymphe. Des deux muscles gastrocnémiens droit et gauche, celui qui a été excité est plus lourd durant plusieurs heures après la stimulation et de poids spécifique moindre que le muscle non excité. 4° La dilatation des vaisseaux de l'organe survit à l'activité fonctionnelle pendant 2 heures et plus, dans le cas du muscle stimulé rythmiquement pendant 15 minutes. 5° La tension du muscle causée par son imbibition avec l'eau semble être la base physique de sa rigidité. — Mlle **D. J. Lloyd** : *La balance osmotique du muscle squelettique*. Pour se mettre autant que possible à l'abri des complications dues à la formation de colonnes de diffusion, l'auteur a utilisé un muscle plat très petit, le sterno-cutané de la grenouille. En solutions de non électrolytes d'une concentration allant de 0 à 0,25 mol., et en solutions d'électrolytes de 0 à 0,14 mol., ce muscle augmente d'abord de poids puis diminue, en tombant finalement bien au-dessous de son poids primitif. Un traitement préalable par l'oxygène (suspension du muscle dans ce gaz saturé par de la vapeur d'eau) réduit et même annule l'augmentation de poids initiale. Après exposition de 6 heures à l'oxygène, le muscle perd très lentement de son poids, même dans l'eau distillée. Après une exposition de 3 heures dans l'hydrogène, le muscle augmente de 85 % de son poids dans l'eau distillée. Une exposition de 16 heures à l'air laisse persister une légère élévation du poids initial. Les muscles placés dans l'oxygène humide gagnent légèrement ou perdent du poids; dans l'air humide, ils perdent du poids; dans l'hydrogène humide, ils présentent un léger gain de poids. Ces résultats montrent qu'un muscle saturé d'oxygène a un équivalent osmotique moindre que celui de l'eau distillée. L'absorption initiale de fluide doit être considérée comme due à la stimulation inévitable du muscle lorsqu'on le retranche de l'animal. Un muscle saturé d'oxygène perd du poids dans la vapeur d'eau saturée en contact avec une surface plane d'eau distillée; la tension de vapeur du muscle est donc plus grande que celle de l'eau. La tension de vapeur d'un muscle non saturé d'oxygène (placé dans l'air) est d'abord moindre que celle de l'eau distillée. Un trait remarquable de ce muscle est la variation étendue de teneur en eau nécessaire pour amener un petit changement de pression de vapeur. — MM. **M. Back**, **K. M. Cogan** et **A. E. Towers** : *L'œdème fonctionnel dans le muscle de grenouille*: Si un des muscles gastrocnémiens d'une grenouille est excité pendant 15 minutes à raison de 40 chocs d'induction par minute, il devient plus lourd que l'autre. La différence de poids peut atteindre 20 % du poids du muscle; le poids spécifique diminue simultanément. Ce phénomène dure pendant 6 heures; ensuite l'œdème a disparu. La grenouille doit posséder une bonne circulation; ainsi le gonflement s'observe le mieux chez les grenouilles tuées par destruction des parties du cerveau situées au-dessus de la moelle allongée, les centres respiratoire et vaso-moteur ayant été laissés intacts.

Séance du 4 Mars 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **E. Chappell** : *La simplification des procédés arithmétiques de l'involution et de l'évolution* (voir p. 261).

2° Sciences physiques. — M. **F. E. Rowett** : *Les propriétés élastiques de l'acier aux températures modérées*. A une certaine température, un tube en acier étiré, qui contient une bonne quantité de substance amorphe, se comporte comme un fluide visqueux, c'est-à-dire qu'il s'écoule plus ou moins librement sous une tension, tandis qu'à la même température un tube recuit, qui est cristallin, s'écoulera à un degré beaucoup moindre, par suite de la faible quantité de matière amorphe qu'il contient. A une température d'environ 300°, un tube étiré présente des propriétés similaires à celles de la poix à la température ordinaire, ou du verre à une température un peu inférieure à son point de ramollissement. Il est toujours très élastique sous une tension rapidement variable, mais il s'écoule d'une façon visible quand la tension est appliquée pendant longtemps. D'autre part, dans le tube recuit à 300°, l'énergie dissipée dans un cycle de tension est presque indépendante du temps dans lequel le cycle est parcouru. A une

température plus élevée, par exemple à 540°, le tube étiré s'écoule rapidement et continue à s'écouler pendant une longue période, quoique avec une vitesse qui va en diminuant, sous un effort tranchant de moins d'une tonne par pouce carré. En outre, comme la poix et le verre, l'acier à cette température présente une déformation élastique récurrente considérable. Si on supprime subitement la tension, le retrait élastique immédiat est suivi d'un écoulement opposé lent qui persiste pendant quelques minutes. — MM. **W. A. Bone, H. L. Callendar** et **H. J. Yates** : *Méthode bolométrique pour déterminer le rendement des corps radiants.* Par suite de l'emploi croissant des surfaces incandescentes dans les opérations de chauffage de toutes sortes, les auteurs ont étudié scientifiquement la mesure des rendements radiants de telles surfaces par une méthode bolométrique qui peut être étalonnée par comparaison directe avec une radiobalance. Ils décrivent la construction et l'emploi d'un nouveau bolomètre, spécialement construit dans ce but, dans lequel la radiation d'une surface incandescente, tombant sur une bobine noircie de fil de platine, est déterminée en unités absolues d'après l'augmentation de résistance électrique de la bobine réceptrice, dont la surface est suffisamment faible pour que l'instrument puisse être étalonné avec une source d'intensité connue. Comme exemple, les auteurs ont appliqué la méthode à la mesure de la radiation absolue d'un brûleur à gaz et de son « facteur de distribution ». — **M. J. W. Nicholson** : *Les lois des spectres de séries.* L'auteur a fait l'analyse critique des séries diffuse, étroite et principale du spectre de l'hélium, à la lumière des récentes mesures interférométriques marquantes de ces séries. Il propose un nouveau modèle de calcul exact des limites des séries, indépendant du type de formule employé. Les mesures interférométriques des lignes marquantes des séries de l'hélium lui ont permis d'obtenir la meilleure formule pour ces séries, et cette formule est une extension de celle de Rydberg, dépendant de $m + \mu$ et non de m. La valeur de la constante de Rydberg donnée par Curtis pour l'hydrogène est la vraie valeur pour le spectre d'arc de l'hélium (109.679,2) et doit être considérée comme une constante rigoureuse pour les spectres d'arc. La loi des limites de Rydberg-Schuster est exacte pour l'hélium. Il est probable que μ est une fraction simple, dont le dénominateur est un multiple de 5, comme l'a suggéré Halm. Il est exactement égal à 0,7 pour la série étroite de l'hélium.

Séance du 11 Mars 1915

Sciences naturelles. — M. **R. Kennedy** : *Expériences sur la restauration des muscles paralysés au moyen des anastomoses nerveuses. III. Anastomose du plexus brachial et distribution de ses racines.* Les expériences de l'auteur ont consisté dans la division d'une ou de plusieurs racines du plexus brachial et l'anastomose de la ou des racines divisées soit avec une autre partie du plexus, soit avec l'accessoire spinal. La restauration de la fonction s'est produite, et l'examen physiologique montre qu'elle est due au nerf qui a été substitué aux racines lésées. Quand moins de deux racines sont divisées, la restauration de la fonction a lieu beaucoup plus tôt; c'est une guérison spontanée due au fait que les muscles affectés sont excités chacun par plus d'une racine. — M. **A. H. S. Kent** : *Le mécanisme des valvules cardiaques.* L'auteur étudie la structure et le mode d'action des valvules auriculo-ventriculaires du cœur des Mammifères. Le tissu musculaire dérivé de la paroi auriculaire se continue sur une distance considérable dans la substance des clapets des valvules, surtout vers leur surface auriculaire. On peut en conclure que ce muscle exerce une fonction importante en rapport avec la fermeture des valvules. Recevant son stimulus de la base de l'oreillette, dont il est une extension et avec laquelle il est directement relié, il entre en action au moment approprié dans le cycle cardiaque et se contracte (et reste contracté) le dernier de tous les muscles auriculaires. Il maintient ainsi les clapets loin de la paroi ventriculaire et assure un libre jeu au remous rétro-valvulaire jusqu'au moment où se produit finalement la fermeture de la valvule. La fonction des bandes musculaires décrites par l'auteur est double : 1° elles maintiennent les clapets loin des parois ventriculaires et assurent un espace adéquat entre le clapet et la paroi ventriculaire pour le développement complet du remous rétro-valvulaire; 2° elles apportent par leur contraction une assistance mécanique directe à l'élévation des clapets dans la position de fermeture finale. — M. **G. E. Nicholls** : *Existence d'un ganglion intra-crânien sur le nerf oculo-moteur chez le* Scyllium canicula *et son importance pour la question de la valeur segmentaire de certains nerfs craniens.* On n'a pas encore signalé l'existence en grand nombre de cellules ganglionnaires fonctionnelles actives, associées avec des cellules plus petites et se colorant plus fortement pour former un petit ganglion sur le nerf oculomoteur du *Scyllium canicula* adulte. Le caractère sensori-moteur vrai de ce nerf a été récemment établi par Sherrington et Tozer. Ce fait, en connexion avec l'existence du ganglion, devient extrêmement significatif, si l'on se rappelle que l'oculomoteur joue un rôle important dans le développement d'un ganglion sympathique relié (le ciliaire). L'auteur propose de regarder l'oculo-moteur comme un nerf segmental distinct et non comme une simple racine ventrale. Il en résulterait que le nerf ophtalmique profond n'est pas la racine dorsale du neuromère oculomoteur, mais a empiété sur ce segment tout en étant lui-même relié à un autre segment céphalique (probablement plus postérieur). — M. **E. Heron-Allen** : *Contribution à l'étude de la bionomique et des processus reproducteurs des Foraminifères.* L'auteur considère les fonctions mécaniques du protoplasme dans la locomotion et le capture de la nourriture et ses réactions aux stimulus. Le phénomène connu sous le nom de plastogamie ne se relie que fortuitement à la reproduction : dans la plupart des cas, c'est un bourgeonnement d'un individu-fille sur une carapace de parent. Certaines espèces de Foraminifères, sinon toutes, varient les processus de reproduction par amoebullæ formées de protoplasme déchargé des coques et par flagellispores, en formant à l'intérieur de la carapace paternelle des jeunes polythalamiques complets et entourés de calcaire, qui sont mis en liberté par résorption de l'enveloppe paternelle. L'espèce *Cymbalopora tabellaeformis* présente un phénomène nouveau pour la bionomique des Foraminifères : l'excavation de cryptes dans des hôtes appropriés où elle passe sa vie, en perçant par action chimique des tunnels pour la projection de ses pseudopodes.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 12 Mars 1915

MM. **C. Paterson** et **B. P. Dudding** : *La détermination des hautes températures par la méthode de l'identité des couleurs.* Dans des expériences préliminaires, les auteurs ont déterminé avec une très grande exactitude la température des substances incandescentes en égalant leur couleur à celle de lampes à incandescence à filament travaillant sous un courant convenable. Celles-ci ont été calibrées préalablement par comparaison avec un corps noir sur un grand intervalle de températures. Les comparaisons sont faites dans le champ d'un photomètre de Lummer-Brodhun. La méthode a donné un résultat correct pour le point de fusion du platine. — M. **G. L. Addenbroke** : *Les pertes relatives dans les diélectriques placés dans des champs électriques équivalents, continus et alternatifs.* L'auteur présente des tables montrant une connexion intime entre les pertes dans les champs continus et alternatifs, les unes pouvant être déduites des autres en première approximation. Il y a des exceptions dans les cas d'hétérogénéité. L'auteur donne les courbes des pertes de

1 à 4 secondes jusqu'à 40 vibrations pour des diélectriques choisis. De 8 à 12 vibrations, elles deviennent des lignes droites montantes à la fois pour les diélectriques « bons » et « pauvres ». La formule $a + b\,n$ s'applique à tous les diélectriques pour les fréquences supérieures à 8 vibrations, mais non au-dessous. La constante a est toujours plus grande et n'a pas de relation définie avec la perte de voltage continu. Les diélectriques liquides se comportent comme les solides, à cette différence près que, pour une résistance donnée, le rapport de la perte continue à la perte alternative est moindre pour les liquides. Il y a une grande différence dans l'importance comparative des pertes. Pour les diélectriques étudiés, elles varient de 1 à 1.300.000 dans le champ continu, tandis que les pertes alternatives correspondantes varient seulement de 1 à 1.100. La différence se montre principalement pour les bons diélectriques.

Séance du 26 Mars 1915

MM. **A. W. Porter** et **F. Simeon** : *La variation de la conductibilité thermique avec la fusion.* Cette variation a été déterminée pour le mercure et le sodium en mesurant les températures en différents points d'un cylindre du métal contenu dans un tube en verre. Les extrémités du cylindre sont maintenues à des températures telles que le métal soit liquide à peu près sur la moitié de sa longueur et solide sur le reste. Les températures sont prises au moyen de jonctions thermo-électriques insérées dans des dépressions tubulaires étroites formées dans le tube de verre en enfonçant une aiguille dans le verre chauffé localement. Le rapport de la conductivité thermique pour le solide et le liquide est déterminé d'après l'inclinaison des tangentes menées à la courbe des températures de chaque côté du point de fusion. Les valeurs de ces rapports sont du même ordre que le rapport des valeurs correspondantes des conductivités électriques. La valeur moyenne pour le mercure est de 3, 91 et pour le sodium de 1,31. — MM. **A. W. Porter** et **E. Talbot Paris** : *Démonstration du rayon vert au coucher d'un soleil artificiel.* Un grand disque de carton, monté de façon à pouvoir être tourné lentement, porte un trou d'un pouce de diamètre percé à environ 2 pouces de la périphérie. Il est recouvert d'une pellicule de gélatine rouge et est éclairé par derrière de façon à former un soleil artificiel. Le côté avant du disque est recouvert de bristol blanc et modérément illuminé par une lampe placée devant. On regarde le soleil au travers d'une ouverture rectangulaire (large de 4 pouces), pratiquée dans un carton noir, le bord inférieur de l'ouverture servant d'horizon. En faisant tourner le disque, le soleil artificiel se couche et on observe des images récurrentes vertes de caractère variable suivant la durée pendant laquelle l'œil a été exposé au soleil brillant. Si l'on ne regarde le soleil que juste au moment qui précède la disparition complète, l'image récurrente représente simplement le petit segment auquel elle est due. C'est ce dernier phénomène qui constitue probablement le rayon vert.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section d'Ecosse

Séance du 24 Novembre 1914

M. **C. H. Desch** : *La corrosion des alliages non ferreux.* L'auteur a adopté pour l'étude de la corrosion la méthode de Whyte, après l'avoir perfectionnée. Elle consiste à faire passer un courant entre une petite cathode de platine et une anode de l'alliage à étudier plongées toutes deux dans un électrolyte (solution de Na Cl à 5 %). Des expériences sur la corrosion de laitons de diverses compositions ont conduit aux résultats suivants : 1° La corrosion des laitons a lieu par dézincification. Cu et Zn sont enlevés à l'état dissous, mais le rapport de Zn à Cu dans la solution et le précipité floculent est bien plus grand que dans l'alliage. 2° Les alliages β sont bien plus rapidement attaqués que les alliages α, et l'attaque préférentielle du Zn est plus marquée chez les premiers. 3° Dans les alliages contenant à la fois les constituants α et β, le dernier est presque complètement corrodé avant que le premier soit attaqué. 4° Au-dessous de la surface corrodée, on trouve une couche métallique contenant beaucoup moins de Zn que l'alliage original et ayant une texture spongieuse. Dans le cas des alliages β, cette couche peut contenir jusqu'à 99,6 % de Cu. Elle est nettement définie en profondeur, c'est-à-dire ne présente pas de transition avec l'alliage non attaqué. 5° La couche spongieuse s'oxyde facilement sous l'influence de l'oxygène atmosphérique ou dissous. La couche d'oxyde cuivreux qu'on observe souvent sur la surface corrodée des tubes en laiton est sans doute d'origine secondaire, le processus originel ayant été la dézincification. 6° L'enlèvement du Zn a lieu d'abord suivant les bords des grains cristallins, et dans les laitons α, qui présentent des mâcles, le long des plans de mâcle. 7° La présence du fer en solution solide accélère la corrosion, tandis que celle d'étain l'arrête au bout d'un certain temps, par suite de la formation d'une couche adhérente de sels basiques d'étain. Le plomb ne retarde la corrosion qu'à partir d'une teneur de 2 %. 8° Le processus de corrosion par l'eau de mer et les eaux naturelles est essentiellement le même que celui de la corrosion stimulée par l'électrolyse, comme le montre la comparaison des spécimens ayant subi les deux espèces de corrosion. L'auteur a appliqué la même méthode à l'étude de la corrosion du bronze à canon. Ici il n'y a pas de processus similaire à la dézincification, mais formation d'une couche de sels basiques, détachable ou cohérente suivant les conditions des essais, et qui dans le second cas arrête la corrosion au bout d'un certain temps.

Séance du 23 Février 1915

M. **T. H. P. Heriot** : *L'emploi des mélasses comme source d'alcool pour la production de l'énergie.* Par suite de l'épuisement progressif des gisements de pétrole, on doit prévoir, dans un avenir assez proche, l'emploi de l'alcool dans les moteurs à combustion interne et une fabrication intensive de ce produit. Les principales matières premières pour la production de l'alcool sont l'amidon, la cellulose et le sucre. Les mélasses de sucrerie présentent ce grand avantage qu'il suffit de les diluer pour les amener à fermenter; aussi la fabrication de l'alcool aux dépens des mélasses est-elle déjà une vieille industrie; mais elle est susceptible de prendre un immense développement. En effet, on pourrait travailler 1.500.000 tonnes de mélasses de canne et 1.560.000 tonnes de mélasses de betteraves, susceptibles de fournir ensemble 715.000 tonnes d'alcool absolu, tandis qu'aujourd'hui on produit à peine le 1/7 de cette quantité. Le prix de revient de l'alcool de mélasse, fabriqué dans une usine adjacente à une sucrerie, serait inférieur à celui de l'alcool préparé par d'autres procédés, et il serait encore notablement abaissé en récupérant la potasse et l'azote des mélasses et en les vendant comme engrais.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 10 30 MAI 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

A. A. W. Hubrecht. — Le 21 mars dernier est mort le naturaliste hollandais Hubrecht, né à Rotterdam en 1853. Après avoir été quelque temps, à Utrecht, l'élève du zoologiste Harting, auquel il devait succéder, et du physiologiste Donders, dont il devait devenir le collègue et le gendre, il passa à l'Université de Leyde, où il suivit les leçons du professeur Selenka, qui exerça sur le développement de ses idées une influence considérable. Il le suivit à Erlangen quand, en 1874, ce maître et ami fut appelé à l'Université de cette ville.

Sa thèse de doctorat (1874) est une étude sur l'anatomie, l'histologie et l'histoire du développement de quelques Némertiens, dont il rassembla les matériaux à la Station zoologique de Naples. De 1874 à 1882, il exerça les fonctions de Conservateur de la section des Poissons au Musée d'Histoire naturelle de Leyde, fonctions qui l'orientèrent vers l'étude des Vertébrés. Son premier travail, dans ce domaine, fut une « Contribution à la connaissance du crâne des Holocéphales », écrite à Heidelberg dans le laboratoire de Gegenbaur (1876).

Mais, comme Selenka, il resta un certain temps fidèle encore à l'étude des Invertébrés; il publia encore divers documents sur les Némertiens, à l'occasion d'un séjour à Naples, à propos aussi de matériaux qu'on lui confia des expéditions du *Challenger* et de la *Siboga*; et un peu plus tard, un mémoire sur le *Proneomenia*, qu'avaient procuré les dragages du *Willem Barents*.

Il fut nommé en 1882 professeur de Zoologie à l'Université d'Utrecht. Le progrès des idées évolutionnistes venait de déterminer, pendant la période qui s'était écoulée de 1870 à 1880, une floraison de recherches sur l'anatomie comparée des Vertébrés et sur la phylogénie des Invertébrés. Elles conduisirent tout naturellement, dans la suite, à des études embryogéniques, et l'apparition (1880-81) du *Treatise on comparative Embryology* de Balfour marque le début d'une ère nouvelle, où les naturalistes cherchèrent dans l'embryogénie la solution des problèmes phylogéniques. Hubrecht suivit le courant : après un mémoire sur le développement du *Lineus* (1885), il s'appliqua de plus en plus à l'étude des premiers stades de l'embryogénie des Vertébrés et à leur placentation : il devait y faire de grandes découvertes, grâce à la largeur de ses vues et à son horreur de tout dogmatisme.

En 1889, commence la série de ses publications sur l'embryogénie des Vertébrés : c'est d'abord le Hérisson, puis la Musaraigne (1889), puis le *Tarsius*... qu'il choisit comme sujets. Tous des Insectivores, ou des formes voisines des Insectivores, parce qu'il croit, avec Huxley, que ce groupe a le mieux conservé les caractères archaïques des Placentaires, tout en comprenant, à côté de formes très évoluées, des types qui annoncent les Rongeurs, les Lémuriens, les Carnivores.

Une grande difficulté résultait de la rareté des matériaux. Une propagande active par les journaux lui fournit, en Hollande, des centaines d'utérus de Hérissons, de Taupes et de Musaraignes; un voyage de Hubrecht à Java (1890) et ses relations étendues firent, pendant des années, affluer à Utrecht des centaines d'embryons de *Tupaya*, de *Nycticebus*, de *Tarsius*... Ce matériel lui servit et servit à beaucoup d'autres qui travaillèrent dans son laboratoire; la quintessence des découvertes se lit dans les publications de Hubrecht : *Die Phylogenese des Amnions und die Bedeutung des Trophoblastes* (1895), *Die Keimblase von Tarsius* (1896), *Early Ontogenetic Phenomena in Mammals and their Bearing on our Interpretation of the Phylogeny of the Vertebrates* (1908).

L'auteur avait conquis depuis longtemps une grande renommée parmi les naturalistes; son autorité était grande aussi dans le monde universitaire et dans le monde administratif hollandais : il la devait autant à la rectitude de ses procédés qu'à sa réputation scientifique.

Victor Willem,
Professeur de Zoologie à l'Université de Gand.

§ 2. — Physique

La fusion du carbone. — La fusion du carbone dans l'arc électrique a été observée pour la première fois par Lummer il y a quelques années. En faisant passer un courant de 30 ampères dans une lampe à arc

à charbon positif horizontal sous une pression d'environ une demi-atmosphère, cet auteur a vu toute la surface du cratère positif prendre l'état liquide ; dans la couche superficielle liquide, mais non coulante, nageaient des « perles » plus claires, comme si le liquide était en ébullition[1].

Cette observation a été mise en doute par plusieurs savants qui partageaient l'idée de Crookes que la fusion du carbone ne serait réalisable qu'à des pressions très élevées, et qui objectaient aussi que la formation des gouttelettes de carbone ne se produit pas.

A propos de ces objections, M. G. Oesterheld[2] a fait remarquer à la dernière séance de la Société suisse de Chimie que l'hypothèse de Crookes n'est basée sur aucun fait expérimental. Le phénomène observé par Lummer serait bien difficile à interpréter autrement que par la fusion. L'accord avec la règle des phases est obtenu en admettant que la pression au point triple est inférieure à 0,2 atmosphère (probablement voisine de 0,1) et que la pression critique est peu supérieure à 2 atmosphères. La tension de vapeur du carbone au point de fusion étant relativement considérable, dans les conditions de l'arc électrique seule une couche extrêmement mince est portée à cette température et alors la quantité de liquide est trop faible pour s'agglomérer en gouttes.

Pour fondre de plus grandes quantités de carbone, M. Oesterheld a opéré dans une atmosphère d'azote sous une pression réduite, en se servant d'un chauffage à résistance qui permet de porter à sa température de fusion un petit bloc de carbone. Comme il est toutefois impossible de réaliser la tension de saturation des vapeurs du carbone, il faut localiser celles qui se produisent à la surface du solide en éliminant toutes les causes de ventilation et en créant un coussinet de vapeur dense autour du bloc. Le chauffage exige de fortes dépenses d'énergie qui traverse à coups rapides le bloc. Dans ces conditions, la température de fusion, qui est voisine de 4000° abs., s'établit avant que la vapeur se répartisse uniformément dans l'espace du four.

L'auteur a présenté plusieurs petits morceaux de carbone qu'il a traités de cette manière et qui portent tous les caractères de corps ayant subi une fusion partielle. Il montre également au projecteur divers aspects du cratère liquide agrandi 40 fois et réalisé par l'arc électrique à des pressions variant de 0,06 à 1 atmosphère.

§ 3. — Industrie chimique

Les répercussions de la guerre de 1914 sur l'industrie du sucre. — La guerre de 1914 a eu sur la grande industrie du sucre des répercussions multiples, que M. Georges Dureau, directeur du *Journal des Fabricants de sucre*, a fait ressortir dans un récent article du *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale*[3].

En raison de la mobilisation, survenue peu de temps avant l'époque habituelle de la mise en œuvre de la récolte betteravière, de graves difficultés ont surgi pour l'arrachage et le transport des betteraves aux fabriques et pour le fonctionnement même des usines. Grâce aux actives démarches du Syndicat des Fabricants de sucre, les difficultés relatives à la main-d'œuvre, aux transports de charbons, etc..., ont pu être surmontées dans des conditions relativement satisfaisantes. La fabrication, néanmoins, a débuté beaucoup plus tard que d'ordinaire ; le travail des usines a été très lent; les quantités de betteraves traitées par 24 h. ont souvent été inférieures de moitié à la normale. Les fabricants ont paru éprouver des difficultés pour l'écoulement de leurs pulpes, de leurs mélasses. En raison de la lenteur du travail, les frais de fabrication par tonne de betterave se sont accrus dans de fortes proportions. La fabrication a été aussi rendue plus coûteuse par le fait de sa prolongation inusitée et du renchérissement des objets de consommation.

A la date du 7 février, le Syndicat des Fabricants de sucre a dressé une liste des fabriques de sucre actives ou ayant été en marche pendant cette campagne. Le nombre de ces fabriques s'élève à 69, tandis qu'il avait été de 206 pendant la campagne précédente. En voici la répartition par départements pour les deux campagnes :

	1913-1914	1914-1915
Aisne	49	4
Ardennes	4	0
Nord	38	1
Oise	19	15
Pas-de-Calais	23	6
Seine-et-Marne	12	12
Seine-et-Oise	8	8
Somme	31	4
Autres départements	22	19
	206	69

137 fabriques n'auraient donc pas travaillé; mais ces établissements étant pour la plupart situés dans la portion envahie du territoire français, il est difficile de savoir au juste quel a été leur sort. Un certain nombre auraient été détruits par le feu de l'ennemi ; d'autres auraient travaillé sous le contrôle des Allemands ; il en est enfin, d'après le *Centralblatt* de Magdebourg, qui ont été démontés en vue de l'utilisation des organes en cuivre dans la fabrication des cartouches de guerre, tandis que les betteraves destinées à ces usines ont été expédiées en Allemagne pour y servir à la nourriture du bétail.

En 1913-1914, la production indigène paraît avoir été d'environ 718.000 tonnes (valeur en raffiné); à fin décembre 1913, la production atteignait 698.513 tonnes. La production à fin décembre 1914 se chiffrant par 197.655 tonnes, elle présentait donc un déficit de plus de 500.000 tonnes sur la campagne antérieure; ce déficit semble devoir finalement se réduire à 440.000 ou 450.000 tonnes.

D'après une enquête faite par l'Association internationale de Statistique sucrière, la production européenne de sucre en 1914-1915 serait de 7.393.550 tonnes de sucre brut, contre 8 210.595 tonnes en 1913-1914, soit une diminution, par rapport à cette dernière campagne, de 817.045 tonnes. Cette diminution porterait sur l'Allemagne, l'Italie, la Hongrie, l'Espagne, la Roumanie, la Suisse, la France, la Belgique, la Serbie et l'Angleterre ; il y aurait, par contre, un excédent de récolte, relativement à 1913-1914, en Autriche, Hollande, Suède, Danemark et Russie.

La récolte mondiale en 1914-1915 aurait été d'environ 17.800.000 tonnes, soit une différence en moins, par rapport à 1913-1914, d'environ 850.000 tonnes. Cette diminution de moins de 5 % dans l'ensemble de la production universelle sera facile à compenser par une restriction dans les livraisons à la consommation. Il est même probable qu'en raison du renchérissement de la denrée et de la crise économique générale provoquée par la guerre européenne, la consommation apparente du sucre en 1914-1915 diminuera dans une proportion beaucoup plus notable encore.

En dépit de cette circonstance, le déficit de la récolte mondiale est certainement un des facteurs de la hausse des cours du sucre. Parmi les autres facteurs dérivant de l'état de guerre, on peut citer : la difficulté des transports, l'élévation du fret, la rareté ou le renchérissement de la main-d'œuvre, la hausse des matières premières et objets de consommation : charbons, huiles, etc. Tous ces facteurs ont amené une aggravation plus ou moins considérable des frais de production du sucre et, partant, nécessité d'un relèvement notable des prix de vente. Cette augmentation a été tout particulièrement

1. O. Lummer : Verflüssigung der Kohle und Herstellung der Sonnentemperatur, p. 71. Braunschweig, 1914.
2. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, t. XXXIX, n° 4, p. 377.
3. T. CXXII, n° 2, p. 290 et suiv. ; mars-avril 1915.

sensible en France, comme le montrent les chiffres suivants :

		Sucre blanc n° 3 [1]	Raffinés en pains [2]
Juin	1914	fr. 34,23	fr. 66,42
Juillet	»	33,52	65,00
Août	»	36,98	70,23
Septembre	»	41,90	74,80
Octobre	»	52,75	87,625
Novembre	»	52,09	93,00
Décembre	»	45,79	89,80
Janvier	1915	49,52	90,83
Février	»	55,29	91,64

Et rien ne fait prévoir une diminution prochaine de ces prix.

En ce qui concerne la campagne 1915-1916, il faut s'attendre en France, d'après les renseignements actuels, à une réduction de 20 à 25 °/₀ dans les emblavements de betterave à sucre, ceci à cause des difficultés de la main-d'œuvre. La question de l'approvisionnement des graines de betterave [3] paraît résolue : La Russie pourra fournir à la France le complément de graines dont elle aura besoin. Mais les fabricants de sucre français feraient sagement d'étudier et de résoudre le problème de la production de la graine de betterave riche en sucre en France, car il serait dangereux et humiliant pour eux de rester à cet égard sous la tutelle de l'Allemagne.

L'industrie sucrière française, conclut M. Dureau, se ressentira sans doute pendant longtemps des conséquences de la guerre de 1914. Indépendamment des indemnités auxquelles elle aura droit pour les dommages occasionnés par les troupes allemandes et le préjudice causé par l'occupation, cette industrie sera fondée à revendiquer un traitement de faveur sur les marchés où elle expédie ses produits en concurrence avec ceux de l'Allemagne et de l'Autriche-Hongrie. Mais pour cela il faudra que la France recouvre d'abord son entière liberté d'action en matière de commerce sucrier, ce qui n'est point le cas sous le régime de la Convention de Bruxelles.

L'utilisation de la farine de riz dans la fabrication du pain. — Depuis un siècle, la production du blé en France a presque triplé ; mais, par suite de l'augmentation de la population et aussi de la consommation du pain par personne, elle reste encore insuffisante, et chaque année la France doit acheter au dehors, principalement à la Russie et aux Etats-Unis, de 5 à 10 millions d'hectolitres de froment, valant de 100 à 200 millions de francs. Cette année, par suite de la rareté de la main-d'œuvre, les semailles ont été moins abondantes que de coutume, et les achats à faire à l'étranger dépasseront sans doute 400 millions de francs.

Ne serait-il pas possible de remplacer une partie du blé nécessaire à la fabrication du pain par un autre farineux cultivé dans nos colonies et de réserver ainsi à nos possessions ces centaines de millions qui serviraient à leur prospérité et nous reviendraient d'ailleurs en échange des matières ouvrées qu'elles demandent à la Métropole? Telle est la question que s'est posée M. E. Maurel [4], professeur à la Faculté de Médecine de Toulouse, et à laquelle il répond très nettement par l'affirmative, en préconisant l'utilisation d'une certaine proportion (20 °/₀) de farine de riz dans la fabrication du pain, le riz nécessaire pouvant être fourni par plusieurs de nos colonies, en particulier l'Indochine.

Au point de vue de l'hygiène, cette substitution partielle ne présente-t-elle aucun inconvénient, et en particulier ne modifiera-t-elle pas la valeur nutritive du pain? L'usage du riz, même comme constituant la partie dominante de l'alimentation, est si ancien et si répandu que nous pouvons déjà être rassurés sur ses inconvénients possibles. L'analyse chimique, d'autre part, montre que, si les matières azotées du riz sont toujours un peu inférieures à celles du froment, ses hydrates de carbone l'emportent, au contraire, sur ceux de ce dernier, et la compensation s'établit si bien que le nombre des calories reste sensiblement le même. La substitution ne portant d'ailleurs que sur 1/5, on peut considérer la valeur nutritive du pain fait avec ce mélange comme égale à celle du pain de froment pur.

Mais l'introduction de la farine de riz est-elle possible au point de vue pratique et ne modifiera-t-elle pas d'une manière sensible l'aspect et le goût de notre pain habituel? M. Maurel, qui étudie la question depuis bientôt 20 ans, avait fait préparer dès 1898, par son boulanger, du pain contenant 6 °/₀ de farine de riz, ayant même aspect et même goût que le pain ordinaire, et il en a consommé exclusivement pendant 8 ans. Depuis quelques mois, il a fait manutentionner, à la boulangerie du Bureau de Bienfaisance de Toulouse, du pain avec 20 °/₀ de farine de riz. Les essais ont été faits sur des quantités de 5 à 10 kilogs du mélange et la pâte a été mise en pâtons d'une livre ou d'un kilog. Le pain obtenu est un peu moins levé que le pain de froment, mais il l'est assez et d'une manière plus régulière ; il se rapproche comme aspect de la madeleine. M. Maurel a fait goûter de ce pain à un grand nombre de personnes : fonctionnaires, médecins, hommes politiques, notabilités de Toulouse. De l'avis général, il est aussi bon que le pain de froment.

La substitution proposée aurait un certain avantage au point de vue du prix. La farine de riz est, en effet, sensiblement moins chère que celle de froment : la différence est d'environ 15 francs par 100 kilogs en faveur du riz. Elle se traduirait par une économie de 3 centimes sur le prix du kilogramme de pain, ce qui ne permettrait sans doute pas de diminuer ce prix pour la vente au détail, mais permettrait toutefois aux grandes collectivités : armée, hôpitaux, prisons, bureaux de bienfaisance, etc.., de réaliser des économies appréciables.

Etant donnée l'insuffisance très marquée de la prochaine récolte en froment, les riz coloniaux pourront-ils suppléer au moins dans une assez grande proportion ce déficit? D'une déclaration faite par le Gouverneur à la session plénière du Conseil du Gouvernement du 11 décembre dernier, il résulte que la Cochinchine sera en mesure d'expédier en 1915 un million de tonnes de riz à la Métropole. C'est là un supplément, sinon entièrement suffisant, du moins d'une réelle importance et qui pourra être augmenté par la suite.

Toutes ces raisons plaident en faveur de l'introduction actuelle de la farine de riz dans la manutention de notre pain. Une seule s'y oppose, d'ordre administratif. Le mélange de la farine de riz à celle de froment a été considéré comme une fraude au point de vue commercial, et cela à juste titre, puisque la farine de riz est moins chère que celle de froment. Ce mélange tombe donc sous le coup de la loi sur les fraudes alimentaires. Mais il serait facile au Gouvernement de faire tomber cet obstacle, en autorisant le mélange dans la proportion qu'il jugerait convenable Pour éviter que la proportion de mélange accordée par l'Etat fût dépassée, il faudrait que le mélange fût fait avant d'arriver chez le boulanger; il voyagerait sous le nom de *farine de froment rizée à* 20 °/₀; dans ces conditions, la proportion serait facile à vérifier par l'analyse chimique et microscopique.

A l'appui de la proposition de M. Maurel, M. Armand Gautier a fait remarquer que, d'après les études de la Commission de revision de l'alimentation des troupes, au Ministère de la Guerre, qui ont porté sur les pains de guerre de tous les pays, il a été reconnu que le pain de guerre japonais est le meilleur. Or ce pain contient, avec un peu de sucre, 10 à 12 °/₀ de farine de riz. Comme ce pain est inattaquable aux insectes et garde sa comestibilité et son bon goût presque indéfiniment, il a été fabriqué par l'Intendance française pour le temps de guerre. Il n'est pas douteux qu'il ne soit accepté aussi très facilement par la population civile.

1. Non compris l'impôt de 25 fr. par 100 kilogs.
2. Y compris l'impôt de 25 fr., mais non compris la taxe de raffinage de 2 fr. par 100 kilogs.
3. Voir la *Revue* du 15 janvier 1915, p. 3.
4. *Bull. de l'Acad. de Médecine*, t. LXXIII, n° 17, p. 511-525; 27 avril 1915.

§ 4. — Biologie

Le nomadisme est-il héréditaire? — Certaines personnes se plaisent à rester toujours chez elles, et l'idée même de voyager leur répugne; à l'opposé sont les vagabonds et les bohémiens nomades; encore plus loin, on rencontre ceux qui, capables d'un travail continu et fixe, éprouvent périodiquement, sous l'empire d'une sorte de folie, le besoin de fuir leur domicile.

Le nomadisme — c'est sous ce terme qu'on peut grouper les manifestations variées de cet état mental — a été étudié par les psychiatres, qui ont vu dans les divers désordres périodiques avec lesquels il est souvent associé les causes des formes différentes qu'il prend. Ils ont distingué des « fugues » démentes, mélancoliques, épileptiques, hystériques, etc. M. C. B. Davenport, de la Station d'Evolution expérimentale de l'Institution Carnegie à Washington, a repris l'étude de ce problème[1] et s'est posé en particulier cette question : Les symptômes similaires qui sont associés à des états mentaux si différents sont-ils entièrement indépendants ou ressortent-ils à une cause commune?

La tendance à voyager appartient, au moins à un certain degré, à tous les animaux locomoteurs. Cette tendance est un instinct fondamental chez l'homme, comme le montrent quatre ordres de faits : 1° les singes anthropoïdes (qui représentent la souche ancestrale de l'homme) sont nomades; 2° les peuples primitifs (Fuégiens, Australiens, Boschimans, Hottentots) sont nomades, et ce caractère est très répandu parmi d'autres tribus moins primitives; 3° la tendance à se déplacer est presque universelle chez le jeune enfant qui vient d'apprendre à marcher; 4° à l'adolescence, cet instinct redevient aigu (associé sans doute aux impulsions sexuelles).

Pour jeter quelque lumière sur ce problème, M. Davenport a analysé et classé, suivant la nature des mariages, l'histoire d'une centaine de familles, recueillie à l'*Eugenics Record Office* (Tableau I).

TABLEAU I. — **Distribution du nomadisme (N) chez les descendants de divers mariages**

PARENTS	DESCENDANTS						
	Total	X	† J	Mâles		Femelles	
				N	Non N	N	Non N
1. Père non N, de souche non N; mère non N, de souche N	208	13	29	71	43	1	52
2. Père non N, de souche non N; mère N.	9	1	1	5	(3)?	0	0
3. Père et mère N.....	13	0	2	6	1	4	0
4. Père N; mère non N, de souche N.....	35	6	7	8	5	2	7
5. Père N, mère non N; parents N inconnus.	73	17	6	16	16	5	13
6. Père non N, de souche N; mère non N, de souche N.	3	0	0	1	0	0	2
7. Père non N, de souche N; mère non N; parents N inconnus.	55	8	6	13	16	1	11
8. Parents du père et de la mère (et souvent les parents eux-mêmes) peu connus.	218	33	28	51	47	2	53

Abréviations : N, nomadique; X, inconnu; † J, mort jeune.

1. *Proc. of the Nat. Acad. of Sciences*, t. I, n° 2, p. 120; février 1915.

Ce tableau montre qu'il y a beaucoup plus d'hommes que de femmes nomadiques : 171 hommes contre 15 femmes. Cela suggère immédiatement l'hypothèse que le nomadisme est un caractère relié au sexe. Si cette hypothèse est exacte, dans une union entre un homme normal et une femme qui, quoique normale, est de souche nomadique, la moitié des fils seront nomadiques et aucune fille. En combinant les unions 1, 6, 7 et 8 du tableau qui satisfont à cette condition, on obtient la distribution suivante des tendances chez les descendants : Mâles : N, 133; non N, 109; Femelles : N, 4; non N, 118. Le déficit de mâles non N s'explique aisément par le fait que, dans l'établissement du tableau, on a choisi uniquement les fraternités de descendants présentant des nomades, et que les fraternités qui, par hasard, ne présentent pas de nomades ont été exclues. Des 4 femmes nomades (là où il ne devrait y en avoir aucune), on peut dire qu'elles sont les filles de 3 hommes insuffisamment connus; il n'y a aucun cas avéré de fille nomadique d'un père non nomadique.

Le critère d'après lequel tous les fils d'une mère nomadique sont nomadiques peut être essayé sur les mariages 2 et 3; tous les fils, sauf 4, sont nomades, mais trois des exceptions sont indiquées comme douteuses et sur la 4e on manque de détails.

Le critère d'après lequel toutes les filles de deux parents nomadiques sont nomadiques se vérifie sur les mariages 3.

Le critère d'après lequel la moitié des filles et des fils des pères nomadiques sont nomadiques peut être essayé sur les mariages 4 et 5. La vérification est bonne pour les fils, insuffisante pour les filles, probablement à cause du petit nombre des cas.

En somme, les données du tableau confirment l'hypothèse que la paralysie du contrôle de l'impulsion nomadique est un caractère lié au sexe. D'autres hypothèses — par exemple que le nomadisme, comme la barbe chez l'homme, est essentiellement une caractéristique mâle, ou que le nomadisme est moins commun chez la femme parce qu'il lui est plus difficile de vivre une vie nomade — ne sont pas appuyées par les faits.

L'association fréquente des impulsions nomadiques avec les psychoses, tant périodiques (dépressions, migraines, hystérie) que constitutionnelles (faiblesse d'esprit, démence précoce), s'expliquerait comme suit, d'après M. Davenport :

L'instinct voyageur est fondamental, basique, chez l'homme. Dans la partie la plus intellectuelle de la population, sous l'influence des mœurs, cette impulsion est réprimée d'une façon plus ou moins satisfaisante lorsqu'il y a de bonnes raisons pour cela, excepté dans les familles de *periodiques* où les inhibitions sont paralysées temporairement, et la personne s'échappe. Chez les inférieurs mentaux constitutionnels, d'autre part, les inhibitions peuvent se développer légèrement, et ces individus présenteront une tendance constante à errer, comme les vagabonds, les bohémiens, et d'autres tribus nomades.

En somme, toutes les classes de nomadisme peuvent être attribuées à une cause fondamentale, l'instinct nomadique. Mais, tandis que les représentants les plus intelligents de la race nomadique sont capables, dans une certaine mesure, lorsque cela paraît désirable, de réprimer leurs impulsions, chez certains d'entre eux l'impulsion nomadique instable peut s'associer avec une perturbation périodique qui rend inopérant le mécanisme inhibitoire; ces perturbations ne sont pas la cause fondamentale de l'impulsion nomadique; elles lui permettent seulement de se manifester. La capacité de présenter cette perturbation périodique est liée au sexe.

LE TIR INDIRECT EN 1915

L'une des surprises de la guerre actuelle est certainement le grand développement qu'a pris le tir indirect, réservé d'ordinaire aux opérations de siège, et les difficultés particulières qu'a présentées son exécution. Et d'abord qu'est-ce exactement que le tir indirect ou tir courbe ?

C'est celui que l'on exécute lorsque l'on cherche à obtenir un angle de chute assez grand pour atteindre un objectif dissimulé aux vues derrière une masse couvrante interposée ou parfois, comme il arrive actuellement, par un obstacle superposé.

Dans le premier cas, le tir est dit plongeant, parce qu'il nécessite un angle de chute relativement élevé, entre 20° et 30°, pour la distance à parcourir : or, pour une distance donnée du but, on ne peut obtenir un angle de chute croissant qu'à la condition d'augmenter l'angle de tir, ce qui exige une diminution de la vitesse initiale et par suite de la charge de poudre. Connaissant donc la position de l'objectif et les bouches à feu dont on dispose, on recherche la position la plus avantageuse pour l'emplacement de la batterie que l'on veut employer, et la charge réduite qui doit donner la vitesse initiale correspondant à l'angle de tir adopté.

Cette charge est d'ordinaire moindre que la charge du tir de plein fouet, ou tir tendu : avec les pièces de siège proprement dites, on fait varier à volonté cette charge à la demande des données, distance du but et angle de tir; avec les pièces de campagne, on ne dispose d'ordinaire que de deux ou trois charges préparées d'avance, ce qui restreint le champ dans lequel on fait varier les autres éléments. Parfois même, on fait usage de la charge maximum en s'établissant assez loin du but, mais l'observation directe des coups devient difficile et le tir perd de sa justesse. Au reste, l'emplacement des batteries est souvent imposé par les formes du terrain et d'autres considérations en dehors des éléments balistiques, telles que la facilité d'approvisionnement ou d'armement, la nécessité de se soustraire au tir de l'ennemi, etc.

Le tir indirect devient du tir vertical lorsque le but à battre n'offre qu'une surface à peu près horizontale et peu étendue en profondeur, telle une batterie enterrée : il y a lieu, dans ce cas, d'employer des angles de chute considérables, d'où le nom de tir vertical.

Autrefois, ce tir s'exécutait le plus souvent sous l'angle de 45° ; aujourd'hui, les canons et mortiers rayés sont assez précis pour que l'on puisse procéder au réglage du tir par des variations d'angle comme dans le tir ordinaire.

L'angle de 55°, intermédiaire entre celui de 45°, qui assure sensiblement le maximum de portée, et celui de 60°, qui correspond au maximum d'angle de chute pratiquement réalisable, est employé avantageusement dans la plupart des cas. L'expérience montre qu'au delà de 60° le tir ne conserve pas une justesse suffisante et que les projectiles ne tombent plus régulièrement la pointe en avant, ce qui en diminue les effets.

L'angle de 30°, au contraire, procure une justesse de tir plus grande que les angles supérieurs, mais l'angle de chute est alors parfois trop aigu.

* * *

Dans quelles circonstances de guerre recourt-on d'ordinaire à ces genres de tir indirect?

C'est, avons-nous dit, le tir plongeant que l'on emploie pour combattre des pièces situées derrière un épaulement, pour atteindre l'adversaire au delà d'un remblai ou dans un ravin, pour envoyer des coups dans une tranchée, pour enfiler des faces d'ouvrages de fortification passagère ou permanente, tandis que le tir vertical sera dirigé contre des buts horizontaux, tels que voûtes, magasins à poudre, voies ferrées abritées par des épaulements, ou batteries terrassées. Il servira encore pour renverser des murs de soutènement : ainsi un obus à mélinite, après avoir pénétré assez profondément dans le massif en terre d'un rempart, venant éclater dans le voisinage immédiat de la face extérieure, en amènera la chute dans le fossé sur une largeur plus ou moins grande, agissant ainsi à l'instar d'un fourneau de mine.

Dans la défense des côtes, ce tir a surtout pour objet la perforation des ponts blindés, afin d'atteindre les bâtiments dans leurs œuvres vitales, machines, chaudières, soutes à munitions; mais on a plus souvent recours au tir direct, soit pour traverser les ceintures des bâtiments au-dessous de la flottaison, soit pour atteindre les superstructures.

On voit que le tir indirect convient surtout à la guerre de siège : comment se fait-il qu'on y ait si souvent recours à l'heure qu'il est?

C'est que la guerre actuelle est plutôt une

immense guerre de siège, que sur tout le front de la lutte se manifestent des séries d'attaques analogues à celles du siège de Sébastopol ou plus récemment de Port-Arthur, et que, dans ces opérations, les batteries adverses sont souvent dissimulées.

Pendant les premières semaines des hostilités actuelles, les batteries de tous calibres, profitant de leurs grandes portées, pouvaient se dissimuler derrière des obstacles naturels, tels que bois ou hauteurs, et de là, en faisant du tir indirect par-dessus la crête des arbres ou des collines, ou encore en s'enterrant dans des batteries analogues aux batteries de siège et tirant par-dessus le parapet protecteur, contre-battre l'ennemi ou atteindre des objectifs repérés sur la carte. Mais l'emploi des avions vint bientôt rendre ce mode de dissimulation insuffisant et l'on dut recourir à des procédés spéciaux pour soustraire les batteries aux vues d'observateurs en survolant les emplacements. Ce fut ainsi que l'on établit des pièces dans des carrières, comme dans les positions allemandes de l'Aisne, ou encore qu'on les dissimula aux vues à l'aide de toitures recouvertes de chaumes ou de branchages, en évitant d'ailleurs de faire feu lorsqu'un observateur aérien était signalé. Ce fut également cette considération qui amena la multiplicité des tirs de nuit.

***

Le problème purement balistique du tir indirect fut donc compliqué de la résolution préalable d'un autre problème, celui de la recherche de la position d'un but à battre absolument soustrait aux vues. Cette recherche est principalement entreprise à l'aide des phénomènes acoustiques.

On n'ignore pas, en effet, que le son parcourt environ 340 mètres par seconde, de telle sorte que, si l'on entend le bruit d'un coup de canon 5 secondes, par exemple, après la mise de feu, on peut en déduire que la pièce se trouve à 1.700 mètres de l'observateur.

Si un deuxième observateur B se trouve en un point suffisamment distant du premier A, et entend la détonation après un intervalle de six secondes par exemple, on en conclura que la pièce se trouve à l'intersection de deux cercles ayant leurs centres A et B en la position de chacun des observateurs, et pour rayons respectifs 1.700 mètres et 2.040 mètres.

Cela suppose que l'instant du départ du coup est observé. S'il n'a pu en être ainsi, on pourra toutefois noter que la pièce se trouve sur une hyperbole ayant pour foyers les positions des deux observateurs et pour grand axe 340 mètres, correspondant à la différence de temps que la détonation a mis à atteindre les deux emplacements.

Si maintenant aux deux observateurs en a été adjoint un troisième C, percevant le même bruit au bout de 8 secondes, nous aurons à envisager trois hyperboles, l'une de foyers A et B déjà indiquée, la seconde de foyers A et C et d'axe 1.020 mètres, la troisième de foyers B et C et d'axe 680 mètres, et ces trois hyperboles se rencontreront au point cherché.

Telle est la solution théorique, très aisément réalisable dans un tir d'étude, où les observateurs aux aguets enregistrent une détonation attendue d'avance et sans confusion possible avec une autre. Dans la pratique, ces trois observateurs disposeront d'appareils enregistreurs qui noteront l'heure où le bruit de la détonation leur est parvenu et dont les indications serviront à l'établissement des courbes précédemment signalées.

Malheureusement, cette solution du problème est contrariée par le fait que les appareils enregistreurs sont actionnés par tous les bruits qui se manifestent dans leur voisinage avec une suffisante intensité, et que l'on ne peut distinguer dans les points qu'ils ont inscrits quels sont ceux qui, sur chacun d'eux, correspondent à la même détonation. Ce n'est que par des procédés compliqués que l'on peut espérer arriver à assurer cette concordance d'observations. En fait, le résultat n'est pas encore atteint, et le succès paraît bien improbable.

***

Il y a du reste une autre difficulté à résoudre et qui se manifeste même dans le cas où l'on n'a à observer qu'une détonation isolée : c'est que le tir d'un projectile ne donne pas, en général, naissance à un seul phénomène sonore, celui du coup de canon, mais aussi à l'émission d'une autre onde, dite onde de Mach, de telle sorte que d'ordinaire chacun des microphones dont nous avons indiqué l'emploi enregistrera deux bruits et non un seul.

Qu'est-ce donc que cette onde de Mach?

Lorsqu'un projectile se meut dans l'air avec une vitesse supérieure à celle du son, un observateur placé dans le voisinage perçoit le phénomène suivant : au moment où le projectile passe à proximité de sa position, il entend un bruit très sec, intense, d'une durée inappréciable, qui semble émaner du projectile lui-même. Ce bruit est suivi d'un silence absolu; quelques instants après, survient un autre bruit, sourd, d'une durée

appréciable et qui semble arriver de la batterie. Ce second bruit provient de la déflagration de la charge : il se propage avec la vitesse moyenne constante de 340 mètres ; si l'on a pu observer la lumière du coup de canon, on peut même déduire de l'intervalle de temps entre ces deux phénomènes la distance de l'observateur à la bouche de la pièce. C'est à ce mode d'évaluation que nous avons fait allusion plus haut.

Pour le premier bruit perçu, voici l'explication qu'en donne le Professeur Mach, de Prague, explication universellement admise aujourd'hui.

Le projectile, animé d'une vitesse supérieure à 340 mètres, comprime l'air qui le précède : l'onde ainsi engendrée est une seule onde de détonation. Cette onde est stationnaire, sans variation périodique de condensation pour un observateur marchant avec la vitesse de l'onde. Lorsqu'elle passe par l'oreille, on entend une seule fois le bruit sec correspondant. De petites variations du mouvement de l'air autour du projectile, produites par la rotation de celui-ci ou par des irrégularités accidentelles, peuvent occasionner certains sifflements, mais on ne saurait confondre ces derniers avec le bruit sec très intense produit par l'onde stationnaire dont nous venons de parler. Cette onde est la même que celle que l'on recevrait si le projectile était fixe et l'air en mouvement en sens contraire avec une vitesse égale à celle du projectile.

Il résulte de ce qui précède que l'observateur qui aurait distingué la lumière du coup de canon et ignorerait l'existence de cette onde, prendrait ce bruit pour celui de la détonation et en déduirait une distance bien inférieure à la distance réelle, ou, si la distance lui était connue, en conclurait que l'onde sonore émise par la dite détonation se propage avec une vitesse supérieure à 340 mètres, idée émise au début de l'observation de tels phénomènes.

De même, si, au lieu d'observer la lueur du coup de canon, on fait usage d'appareils acoustiques comme il a été dit plus haut, on s'expose à ce que les dits appareils enregistrent les deux bruits : celui de l'onde de Mach et celui de la détonation ; il en résulte une confusion dans les lectures et par suite des appréciations erronées sur la position de l'objectif à atteindre. Heureusement, toutefois, que cette difficulté ne se manifeste que si, dans le voisinage des appareils, la vitesse du projectile est encore supérieure à celle du son.

On peut encore utiliser, dans ces recherches, les propriétés balistiques du projectile. Si l'on connaît par exemple la nature de ce dernier, c'est-à-dire son poids, ses dimensions, ce que l'on appelle d'après cela son coefficient balistique, et si l'on peut observer son angle de chute ou tel autre élément de sa trajectoire, on peut, par le calcul, remonter à ses éléments initiaux, y compris la position du canon qui l'a lancé. Mais ces méthodes sont d'ordre trop technique pour être exposées ici. Contentons-nous d'avoir montré les difficultés d'ordre imprévu qui s'opposent à la conduite facile du tir indirect contre un adversaire de situation inconnue, alors que d'ordinaire cette situation était nettement déterminée et que seuls les calculs techniques étaient à résoudre, ce qui se faisait aisément à l'aide de tables de tirs pratiques préalablement préparées. A remarquer que les mêmes obstacles se présentent dans certaines opérations navales, telles que l'attaque des Dardanelles.

Du reste, à la mer, on a déjà cherché, à plusieurs reprises, à se rendre compte, à l'aide de microphones, de l'approche d'obstacles ou de navires dissimulés par la brume, ou encore spécialement de sous-marins : mais ces observations n'ont donné que des indications illusoires et parfois même mensongères, et par cela même plus dangereuses qu'utiles.

En l'état, le repérage de l'adversaire caché, par l'enregistrement de signaux acoustiques, semble sur terre comme sur mer voué à l'insuccès, à moins de cas tout à fait spéciaux.

E. Vallier,
Correspondant de l'Institut.

L'ÉLECTRICITÉ ET LES MINES SOUS-MARINES[1]

L'application de l'électricité aux mines sous-marines fixes en a provoqué le développement rapide. M. Antoulaïeff, professeur à l'Ecole Militaire électrotechnique de Pétrograd, vient de publier dans la revue *Electritchestvo* (« Electricité ») une étude très documentée sur ce sujet. Cette question présentant actuellement un grand intérêt, nous avons résumé à l'intention du public français les parties principales de cette étude.

Nous abrègerons la description des mines fixes, en renvoyant le lecteur à l'article intéressant de M. Houllevigue sur « Les mines sous-marines fixes[2] », où l'on trouvera la description d'un assez grand nombre de variétés de ces engins.

Les mines sous-marines sont de deux types :

1° les mines automobiles ou torpilles (Whitehead, Lea, etc.);

2° les mines fixes[3] (ancrées).

La première catégorie est plus ou moins connue de tout le monde. Dans leur fonctionnement, l'électricité ne joue jusqu'à présent aucun rôle. Nous ne nous y arrêterons donc pas.

Par contre, les mines fixes ou, comme on les appelle ordinairement, les *mines de barrage* ont reçu une grande impulsion dans leur développement à partir du moment où l'électricité fut appliquée à l'explosion.

Les premières expériences furent faites en Russie en 1822, mais c'est seulement en 1832, en Amérique, que le colonel Colt obtint des résultats satisfaisants.

Aux diverses catégories de mines fixes correspondent des installations électriques différentes. On distingue, suivant l'emplacement de la source d'électricité, les mines autonomes et les mines stationnaires (à poste fixe). Dans les premières, la source d'électricité se trouve à l'intérieur. Elles ne sont pas reliées à la côte et sont dangereuses pour tous les bateaux, car elles explosent au premier contact. Elles sont munies de câbles courts, destinés seulement à leur pose et relèvement.

La seconde catégorie est celle des mines stationnaires. La batterie destinée à provoquer leur explosion se trouve sur la côte (station). Elle est reliée aux mines par des câbles sous-marins. L'explosion peut se produire de deux façons :

1° On peut placer à l'intérieur de la mine un appareil qui fermera le circuit au moment où quelque bâtiment heurtera la mine. Cette fermeture sera immédiatement perçue par la station et un fort courant (courant de combat), envoyé automatiquement (à l'aide de différents appareils), provoquera l'explosion. On appelle cette méthode *automatique*.

2° Le second procédé consiste dans le placement des mines en des endroits déterminés, qu'on reconnaît des postes d'observation à l'aide de lunettes et, lorsqu'un navire passe au-dessus de la mine, on le fait sauter. C'est la méthode dite « *par observation* ».

Mais ce dernier procédé n'est pas toujours praticable; si, par exemple, les mines sont assez éloignées du poste d'observation, une petite erreur dans la détermination de l'angle aura comme conséquence une grande erreur dans le temps, de sorte que, lorsque l'explosion se produira, le navire en sera suffisamment éloigné pour qu'elle reste infructueuse.

I. — Source de l'énergie électrique

Comme source d'énergie électrique, on peut employer des piles, des accumulateurs et des dynamos à courant continu. Dans certains cas, on a besoin d'une source d'électricité qui puisse envoyer constamment dans le circuit un courant faible (milliampères), mais la plupart du temps on se sert d'un appareil qui donne un courant fort (ampères) et de courte durée.

Quelquefois la charge des piles (l'introduction du liquide) se produit juste au moment où l'on a besoin du courant. Tel est le cas des mines autonomes[1].

D'autres fois, il faut qu'on ait toujours sous la main un élément d'une faible force électromotrice et avec une grande résistance intérieure. Ces conditions sont indispensables pour que le courant qui passe dans le circuit ne soit que de quelques milliampères. La pile qui satisfait à toutes ces conditions est une pile marine. Elle se compose d'un morceau de câble armé, immergé dans l'eau. Nous y trouvons en effet : cuivre-conducteur, zinc-armature en fer galvanisé, électrolyte-eau de mer. Sa force électro-

1. Bien que les mines de barrage actionnées par l'électricité soient beaucoup moins utilisées depuis quelque temps, cette étude très technique a paru présenter un intérêt réel à l'heure actuelle. (N. de la Réd.)

2. *Revue générale des Sciences* du 15 avril 1915.

3. Il existe encore un type intermédiaire : les mines dérivantes qui se rapprochent des mines fixes.

1. Voir l'article de M. Houllevigue cité plus haut, page 205.

motrice varie de 0,01 à 1 volt[1] et sa résistance intérieure s'exprime en centaines d'ohms.

II. — Les Conducteurs

Les conducteurs employés sont toujours isolés. Ils servent :

1° Aux connexions intérieures des différents appareils qui se trouvent dans les stations;

2° Aux connexions extérieures entre les mines et la station.

Le conducteur employé pour les connexions intérieures est un fil isolé par du caoutchouc. Sa section est telle que la densité du courant ne dépasse pas la valeur prévue. L'isolement se mesure en centaines de mégohms par kilomètre.

Pour les connexions extérieures, on emploie un câble d'une construction compliquée, à cause des conditions auxquelles il doit satisfaire, à savoir : *a*) flexibilité, *b*) solidité, *c*) faible poids, *d*) bonne conservation à l'air, *e*) faible résistance du conducteur, *f*) bon isolement...

Le câble qui satisfait à toutes ces conditions possède :

a) Plusieurs conducteurs d'une section telle que la densité du courant ne dépasse pas 1 ampère par mm²;

b) Une couche isolante de gutta-percha pure, recouverte de plusieurs couches de caoutchouc et de plusieurs couches de bandes de cellulose imprégnées de matières bitumineuses et résineuses;

c) Une armature qui consiste en un fil de fer bien galvanisé.

Les caractéristiques de 1 km. de câble à un conducteur sont les suivantes :

Résistance = 5 à 12 ohms;

Isolement = plusieurs centaines de mégohms;

Poids = jusqu'à 500 kgs.

Résistance à la rupture = 1.600 kgs (l'armature doit se briser avant le conducteur).

III. — Les détonateurs

Les détonateurs des mines peuvent être basés sur les différentes propriétés de l'énergie électrique :

1° Sous une tension suffisante, on obtient une étincelle qui enflamme l'explosif;

2° Certains corps peuvent être portés à l'incandescence lorsqu'ils se trouvent dans un circuit électrique, traversé par un courant.

3° Une pièce en fer s'aimante sous l'action d'un courant.

On utilise, en général, la seconde propriété.

Prenons deux conducteurs qui aboutissent à une plaquette d'ébonite. Leurs extrémités sont jointes par un fil très mince qui constitue un pont. Ce pont est entouré d'un explosif dont le point d'inflammation est peu élevé.

Nous aurons comme quantité de chaleur dégagée, suivant la loi de Joule :

$$Q = 0{,}24\, I^2 r t \quad (1), \quad \text{où}$$

Q est le nombre de petites calories,
0,24 est l'équivalent thermique du joule,
I est l'intensité du courant en ampères,
r est la résistance en ohms,
t est le temps en secondes.

Pour porter le pont à la température T_1, à laquelle se produit l'inflammation de l'explosif qui l'entoure, il faut dépenser un certain nombre de petites calories proportionnel :

a) au volume du fil V,
b) à sa chaleur spécifique C,
c) à la densité du métal Δ,
d) à la différence entre la température finale T_1 et la température initiale T.

Par conséquent :

$$Q = V.C.\Delta\,(T_1 - T). \quad (2)$$

De l'équation (1) on tire :

$$0{,}24.I^2 r.t. = V.C.\Delta\,(T_1 - T). \quad (3)$$

Désignons par :

l — la longueur du pont,

$\omega = \frac{\pi d^2}{4}$ — la section,

ρ — la résistivité du métal employé.

Nous aurons :

$$V = l.\omega = \frac{\pi d^2.l}{4},$$

$$r = \rho\,\frac{l}{\omega} = \rho.\,\frac{4l}{d^2\pi} = \frac{4\rho l}{\pi d^2}.$$

En introduisant ces valeurs de V et de r dans l'équation (3), nous trouverons :

$$0{,}24.I^2.\,\frac{4\rho l}{\pi d^2}.\,t = \frac{\pi d^2.l}{4}.\,C.\Delta\,(T_1 - T),$$

d'où l'on tire la valeur de l'intensité du courant, dont l'inverse est généralement appelé la « sensibilité du détonateur » :

$$I = \sqrt{\frac{\pi^2.d^4.l.C.\Delta\,(T_1 - T)}{0.24.4.4.\rho.l.t.}}$$

ou

$$I = 1{,}6\,d^2\sqrt{\frac{1}{t}.\,\frac{C\Delta}{\rho}.\,(T_1 - T)}.$$

Considérant les valeurs dont dépend la sensibilité du détonateur, nous voyons que l'intensité du courant nécessaire à l'explosion est :

1. On obtient une différence de potentiel notable pour une courte durée, après avoir fait passer par ce câble, dans le sens inverse, un courant assez fort (3 ampères). Grâce à sa capacité elativement grande, la pile se charge.

a) directement proportionnelle au carré du diamètre du fil fin;

b) inversement proportionnelle à la racine carrée du temps;

c) directement proportionnelle à la racine carrée de la chaleur spécifique et de la densité et inversement proportionnelle à la racine carrée de la résistivité (on appelle $\frac{C\Delta}{\rho}$ la caractéristique de la substance);

d) directement proportionnelle à la racine carrée de la différence des températures (finale et initiale);

e) indépendante de la longueur du fil et de la densité de l'explosif qui l'entoure.

Toutes ces données nous sont fournies par la théorie, mais en pratique il faut introduire quelques corrections :

a) Pour diminuer l'intensité du courant, il faut prendre le diamètre minimum. La pratique a montré qu'on ne peut employer un fil dont le diamètre est inférieur à 0,025 mm.

b) Le temps dépend des circonstances dans lesquelles l'explosion se produit. Supposons qu'un torpilleur long de 62 mètres et marchant à une vitesse de 30 nœuds (15,5 mètres par seconde) heurte par son milieu une mine; le temps nécessaire pour mettre automatiquement en circuit une batterie est d'une seconde; pour enflammer le détonateur, le courant doit circuler dans le fil également pendant une seconde.

La mine n'explosera alors qu'après le passage du torpilleur et, par conséquent, ne l'endommagera pas, comme cela aurait dû arriver si l'explosion s'était produite au moment voulu. Nous voyons donc que le temps doit être réduit au minimum et qu'il n'est pas utile de diminuer l'intensité du courant aux dépens de l'augmentation de la durée du passage du courant.

c) On doit choisir les métaux ou les alliages dont la caractéristique de la substance $\frac{C\Delta}{\rho}$ a une valeur numérique minima et qui ne sont pas oxydables. On emploie dans ce but l'alliage du platine avec quelques autres métaux.

d) L'explosif qui entoure le pont doit être choisi tel qu'il puisse s'enflammer à une température peu élevée. Son choix ne présente pas de difficultés.

e) Enfin, la pratique nous donne des renseignements précieux. Elle nous démontre que la longueur du fil et la densité de l'explosif ont une grande influence sur la sensibilité du détonateur.

En effet, dans l'analyse théorique on ne prend pas en considération la surface du fil fin et cependant la chaleur s'échappe par cette surface et la température baisse. On n'a également pas considéré le fait que les extrémités du pont soudées aux gros fils ont la température de ces derniers et que le fil fin n'a sa température normale qu'à une certaine distance[1]. On le voit très bien quand on prend un fil fin et assez court : son milieu seul sera porté à l'incandescence.

La densité de l'explosif joue aussi un rôle important : les explosifs dont la densité est grande conduisent bien la chaleur, d'où une perte de cette dernière et la nécessité d'avoir un courant plus fort. La sensibilité du détonateur baisse en même temps.

L'influence de la longueur s'exprime par la formule expérimentale suivante :

$$K = \sqrt{1 + t\left(\frac{A}{l} + \frac{B}{d}\right)}, \text{ où}$$

A et B sont des coefficients qui dépendent de la substance du fil,

l est la longueur du fil fin en millimètres,

d est le diamètre » »

t est le temps en secondes.

En prenant l'équation (4), nous aurons donc la valeur réelle du courant :

$$I_0 = 1{,}6\, d^2 \sqrt{\frac{1}{t} \cdot \frac{C\Delta}{\rho}\left(T_1 - T\right)} \cdot \sqrt{1 + t\left(\frac{A}{l} + \frac{B}{d}\right)}$$

ou

$$I_0 = 1{,}6\, d^2 \sqrt{\frac{C\Delta}{\rho}\left(T_1 - T\right)\left(\frac{1}{t} + \frac{A}{l} + \frac{B}{d}\right)}.$$

Cette formule permet donc de calculer :

1° L'intensité du courant nécessaire à la production de l'explosion et, par conséquent, son inverse, la sensibilité du détonateur;

2° L'intensité du courant qu'on peut, sans danger, laisser circuler pendant un temps $t = \infty$, etc.

Il est intéressant de remarquer que la correction, due à la longueur du pont, reste dans les limites de 2 à 4; cela démontre que la conclusion purement *théorique* donne une valeur de 2 à 4 fois inférieure à celle qui est considérée *en pratique* comme minimale.

IV. — Les appareils de mesure et de contrôle

Comme appareils de contrôle on emploie des galvanoscopes à cadran horizontal, et comme appareils de mesure des ampèremètres, des volmètres et des ohmmètres. Tous ces appareils ne

1. La courbe de la propagation de la chaleur est une courbe logarithmique.

présentent rien de particulier, sauf les ohmmètres qui donnent les valeurs directement en ohms, ce qui est très important dans la pratique, car le manque de temps ne permet pas de faire les calculs. Les ohmmètres sont construits selon le principe de Deprez-d'Arsonval. Ils sont munis chacun d'une petite batterie. On a pour ces appareils :

$$H.s.n.i. = K\alpha \quad (1),$$

où H est la valeur du champ magnétique,
s — la surface d'une spire,
n — le nombre de spires,
i — l'intensité du courant dans les spires,
K — la constante de l'appareil,
α — le nombre de divisions.

Introduisons dans la formule (1)

$$i = \frac{e}{r}, \text{ et nous aurons:}$$

$$Hs.n.\frac{e}{r} = K\alpha, \text{ d'où}$$

$$r = \frac{H.s.n.e}{K} \cdot \frac{1}{\alpha}$$

s et n sont constants, H et e sont variables.

Mais, *pratiquement*, on peut parvenir à rendre leur produit H.e constant en employent un shunt magnétique. Lorsqu'on augmente e, on introduit en même temps entre les pôles de l'aimant une pièce de fer où passera une partie du flux. Quand on diminue e, on procède inversement.

En pratique, ce mode de réglage ne présente aucune difficulté : à l'aide d'une clef, on met l'appareil en court-circuit avec lui-même ; puis on place l'aiguille au zéro, en tournant une fiche reliée au shunt. Mettant ensuite la résistance à mesurer en série avec les spires de l'appareil, on procède à la lecture. On peut ainsi obtenir He constant ; nous pouvons donc poser :

$$\frac{H.s.n.e}{K} = C.$$

On a alors définitivement : $r = C.\frac{1}{\alpha}$, ce qui démontre que l'angle de déviation est inversement proportionnel à la résistance.

L'appareil est très commode dans son maniement portatif, ne nécessite pas d'installation horizontale, ne craint pas la présence du fer, etc.

V. — Les appareils de la station

Comme nous l'avons déjà indiqué, les appareils de la station servent aux explosions : automatique et par observation.

Les appareils pour l'explosion automatique sont destinés à :

a) la réception d'un signal acoustique, donné au moment où le bateau heurte une mine [1] :

b) la mise automatique en circuit d'une forte batterie (batterie de combat), dans le cas où le bateau serait ennemi ;

c) la mesure exacte de la résistance des conducteurs et de l'isolement des câbles ;

d) l'indication du numéro de la mine explosée ;

e) la communication téléphonique avec les bateaux se trouvant en mer ;

f) la détermination des caractéristiques de la batterie de combat.

Pour résoudre tous ces problèmes, il est indispensable d'avoir un grand nombre d'appareils.

Par conséquent, la table minière est très compliquée et nécessite une grande expérience. Sur la figure 1 est présenté le schéma théorique des connexions, où :

A indique la borne de l'arrivée du courant ;

B l'attache de l'armature du câble ;

C le tableau indicateur, calculé pour un courant un peu inférieur à celui qui fait exploser le détonateur ;

D le commutateur ;

E et F les deux paires de bornes ;

G la batterie locale ;

H le galvanoscope ordinaire, muni de deux ressorts isolés qui peuvent se mouvoir simultanément dans le plan horizontal. Le contact entre eux est produit par l'aiguille du galvanoscope lorsque sa déviation atteint un angle déterminé ;

S la batterie du relais ;

K le relais, qui se compose d'un électro-aimant dont les pôles 1 et 2 sont montrés sur la figure par deux demi-cercles ; son armature 3 tourne autour d'un pivot fixe ; la partie supérieure de l'armature est attirée à gauche par le ressort 5 et sa partie inférieure s'appuie sur le levier 6, attiré à son tour par le ressort 7. Lorsque l'armature se trouve dans la position indiquée sur la figure, le levier 6 ne peut pas se déplacer malgré l'attraction exercée par le ressort 7, à cause d'une dent se trouvant sur l'armature. En bas est située la vis 8, sur laquelle vient s'appuyer le levier lorsque l'armature change de position. Enfin, en haut il y a deux contacts qui sont mis en court-circuit lorsque l'armature se déplace à gauche ;

L la sonnette électrique avec sa batterie ;

M l'interrupteur bipolaire ;

N l'enregistreur du nombre de mises en circuit du courant de combat ;

O la source du courant de combat.

1. Dans le but d'économiser les câbles, on met pour chaque distribution plusieurs mines en parallèle.

Supposons que nous avons mis en circuit un câble. Le courant de la batterie G circulera alors dans le circuit suivant : G, spire du galvanoscope H, pivot 4, armature du relais 3, levier 6, ressort 7, commutateur D, tableau indicateur C, conducteur du câble A, isolement du câble, armature du câble B et de nouveau batterie G. L'aiguille du galvanoscope déviera d'un certain angle. (Si l'isolement du câble était parfait, la déviation n'aurait pas lieu, mais cela, comme nous verrons, n'a aucune importance.) Marquons cet angle de 10°, par exemple, et réglons les ressorts du galvanoscope sur $10° + 15° = 25°$.

Supposons maintenant qu'un bateau heurte une mine placée sur ce câble. Un court-circuit se produira alors dans la mine entre le conducteur et l'armature, l'intensité du courant de la batterie locale deviendra plus grande, l'aiguille déviera fortement et touchera les deux ressorts du galvanoscope en même temps. Elle provoquera la fermeture du circuit du relais, dont le courant passera par : la batterie S, les ressorts du galvanoscope H, les spires de l'électro-aimant du relais 1 et 2 et le pôle négatif de la batterie S. L'armature de l'électro-aimant du relais sera attirée par les pôles et tournera autour de son pivot dans le sens des aiguilles d'une montre ; le levier 6, sous l'action du ressort 7, viendra toucher la vis 8, et le courant sera ainsi interrompu, car la disjonction se produira entre l'armature 3 et le levier 6 ; l'aiguille du galvanoscope reviendra à sa position initiale et le contact entre les ressorts du relais sera rompu. Il en résultera l'ouverture du circuit de la batterie du relais, et les pôles de l'électro-aimant n'attireront plus l'armature B qui, sous l'action du ressort 5, tournera dans le sens inverse et mettra en court-circuit les bornes 9 ; alors la sonnette fonctionnera. Il est évident qu'elle fonctionnera de même, si avec le temps l'isolement du câble se détériore.

En fixant un numéro sur la partie gauche du levier 6 et en fermant le relais par un couvercle possédant une ouverture juste à l'endroit où se trouve le numéro après le fonctionnement du relais, on obtient ainsi un signal optique.

Supposons maintenant que les opérations précédentes se produisent lorsque l'interrupteur bipolaire M est fermé, c'est-à-dire lorsque le courant de la source O peut passer dans le circuit.

Alors, quand, sous l'action du ressort 7, le levier 6 touche la vis 8, le courant de combat passe par : la borne de la batterie O, l'appareil N, l'interrupteur M, la vis 8, le levier 6, le ressort 7, le commutateur D, le tableau indicateur C, la borne A, le conducteur du câble, le détonateur de la mine en court-circuit, son appareil de jonction, le corps de la mine, l'armature du câble et l'eau, le point d'attache B, l'interrupteur M et enfin la seconde borne de la batterie. Sous l'action de ce courant, le détonateur explose. En même temps, le tableau indicateur indique que le circuit a été parcouru par un courant assez fort pour produire l'explosion.

Si l'on a plusieurs mines, on les met sur des branchements en parallèle, d'une façon analogue aux lampes à incandescence.

Lorsqu'une mine explosera, il se produira par l'eau une dérivation entre le conducteur et l'armature. La résistance de cette dérivation dépendra des circonstances et pourra varier de

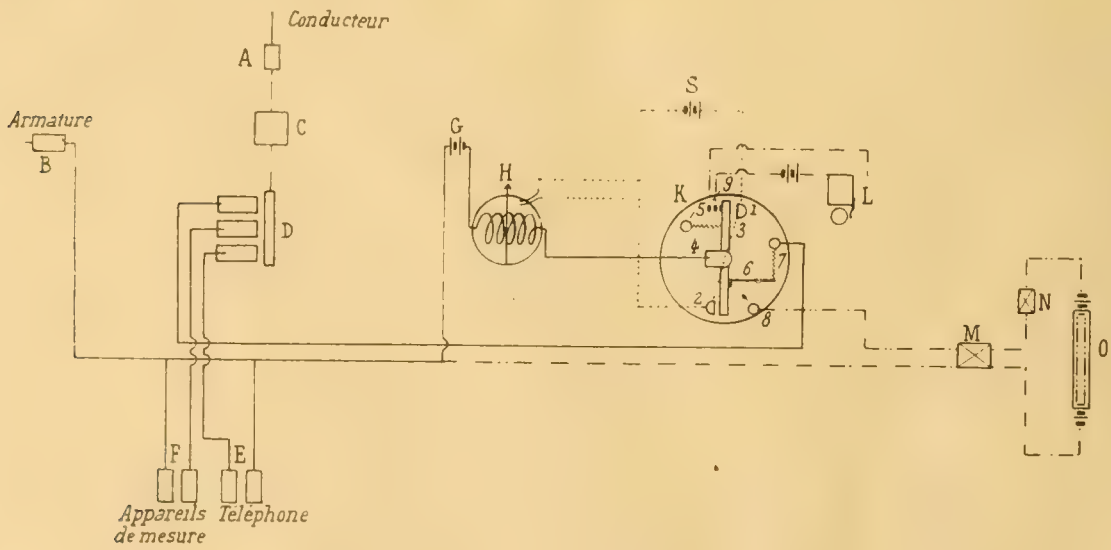


Fig. 1. — *Schéma théorique des connexions des appareils pour l'explosion automatique des mines.*

zéro à l'infini. Cette dérivation aura pour conséquence des phénomènes indésirables : le galvanoscope H actionnera la batterie du relais et cette dernière, à son tour, fera fonctionner la batterie de combat. Si cette dernière comprend comme éléments des piles ou des accumulateurs, les deux dépenseront leur charge, les piles se détérioreront en même temps et il pourra arriver que, lorsqu'une mine devra exploser, la batterie ne puisse plus fournir de courant d'intensité nécessaire.

Si la résistance de la dérivation produite par l'explosion de la première mine n'est pas grande et si la seconde mine, touchée par quelque autre bateau, ferme de nouveau le circuit principal, le courant qui y circulera ne sera pas suffisamment fort pour provoquer l'explosion.

Pour remédier à ces inconvénients, on a introduit un nouvel appareil, genre disjoncteur, analogue à celui qu'on emploie dans les réseaux d'éclairage, et qui indique également le numéro de la mine explosée. L'idée de cet appareil est la suivante (fig. 2) :

Un disque A tourne dans le sens des aiguilles d'une montre autour d'un axe vertical, à l'aide de ressorts et d'engrenages (qui ne se sont pas indiqués sur la figure). Dans sa partie supérieure, ce disque est muni d'une languette *a*, appliquée à un anneau d'ébonite *d;* en bas, se trouvent plusieurs contacts métalliques *b;* leur nombre est égal au numéro correspondant de la mine moins un. Ces contacts sont réunis entre eux par un axe qui est en connexion avec l'armature du câble.

Lorsque la mine produit la fermeture du circuit par la dérivation, le courant de combat passe de la station jusqu'au pont *p*, puis, par l'enroulement de l'électro-aimant, dans l'axe de l'armature *d*, dans la languette *a*, dans la mine et retourne par l'armature du câble. Il en résulte que :

a) l'armature est attirée et sa partie droite, en se relevant, libère le disque;

b) le disque commence à tourner et le courant est interrompu dans le circuit *p i d a* (car la partie droite de l'armature glisse sur l'anneau d'ébonite jusqu'à ce que le disque soit arrêté par une saillie *s*) ; mais, pendant cette rotation, les contacts *b* touchent, chacun à son tour, le ressort

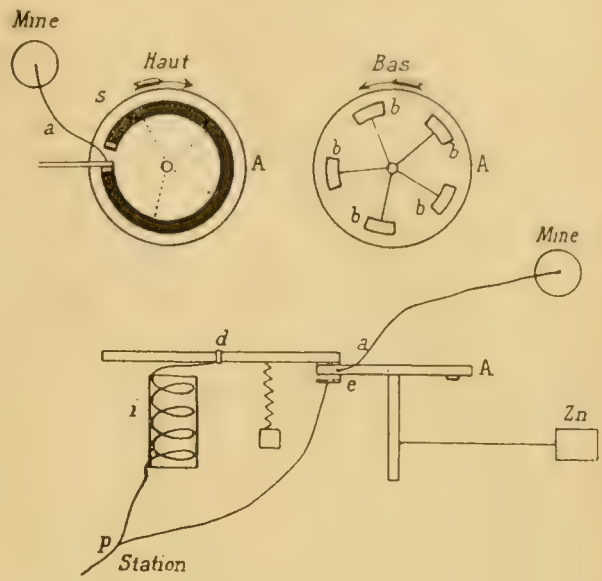


Fig. 2. — *Appareil disjoncteur enregistrant le numéro de la mine explosée.*

e et le courant de combat passe 5 fois par *p e b* dans l'armature du câble.

Par conséquent, quand la mine n° 6 explosera, le courant de combat passera 6 fois dans le circuit avant que ce dernier ne soit ouvert, et permettra à l'appareil N d'enregistrer le numéro de cette mine. Il est évident que chaque « dérivation minière », c'est-à-dire chaque mine, doit être munie d'un disjoncteur correspondant qui pourra indiquer, au moment voulu, le numéro de la mine.

Les appareils électriques pour l'explosion des mines par observation ne présentent pas grand intérêt. En effet, le principal est de déterminer le moment de l'explosion. Or, ce sont les appareils optiques qui le font. Quant à la manière de provoquer l'explosion, c'est une question secondaire.

Voilà les principes des appareils qu'on emploie, dans la pratique, pour l'explosion des mines. Leur construction dépend des progrès techniques et se perfectionne avec le temps. Nous avons pris, parmi tous ces appareils, les types les plus simples pour donner une idée claire de leur fonctionnement.

J. Vichniak,
Ingénieur E. S. E.

REVUE ANNUELLE DE GÉOLOGIE

I. — Phases récentes de l'histoire géologique de la Méditerranée

L'histoire géologique du bassin méditerranéen s'est enrichie récemment d'importants travaux dus à MM. Depéret, doyen de la Faculté des Sciences de Lyon, Général de Lamothe et Maurice Gignoux, préparateur de Géologie à la Faculté des Sciences de Grenoble. Ces travaux apportent une contribution de premier ordre aux phases récentes de l'histoire de ce bassin.

M. Depéret[1] s'est occupé des formations pliocènes et quaternaires du golfe et de l'isthme de Corinthe. Les résultats qu'il a obtenus modifient considérablement les idées admises, et ne concordent pas toujours avec les conclusions formulées par ses prédécesseurs. Ces résultats peuvent se résumer de la façon suivante :

1° Le bras de mer corinthien a été le siège d'une sédimentation continue et concordante, pendant toute la durée du Pliocène. D'épaisses masses de sédiments (plus de 1.000 m.) de mers toujours peu profondes s'y sont accumulées.

2° Les trois étages Plaisancien, Astien et Calabrien sont représentés, les deux premiers par un facies marneux ou saumâtre, le dernier par un facies de cailloutis dû à des apports torrentiels.

3° Cette abondance de dépôts continentaux est corrélative d'une *régression* de la mer pliocène supérieure. Cette régression est presque générale sur tout le pourtour du bassin de la Méditerranée. La mer calabrienne est limitée à la fosse centrale de cette mer.

4° Le bras de mer corinthien s'est comblé et transformé à la fin du Pliocène en une *dépression continentale* d'une altitude supérieure au niveau de la mer actuelle.

5° La transformation du golfe de Corinthe en vallée continentale s'est accentuée à la suite des mouvements qui marquent la fin du Pliocène. En effet, le soulèvement en masse de la région a emporté les dépôts pliocènes à de grandes altitudes. Des failles parallèles ont découpé les assises pliocènes en gradins, qui s'abaissent vers l'axe, fortement surélevé, de la dépression corinthienne.

Dès le début des temps quaternaires, sur l'emplacement de l'ancien bras de mer corinthien, s'était constituée une dépression continentale, réunissant, sur une longueur de 300 km., la Grèce continentale avec le Péloponèse et les Iles Ioniennes. Dans cette *vallée corinthienne* s'observent les traces de phénomènes de creusement et de remblaiement avec formation de terrasses.

L'auteur en fournit les preuves suivantes :

1° Il n'existe dans la région étudiée aucune trace de dépôts marins correspondant aux époques du Quaternaire ancien.

2° La faune terrestre du Quaternaire ancien a pu émigrer dans le Péloponèse, alors réuni au continent. (Dans le bassin de Mégalopolis, gisement à *Elephas antiquus*, *Rhinoceros Mercki*, etc.)

3° Sur le bord de l'ancienne vallée corinthienne existent des *terrasses fluviatiles* étagées ; elles indiquent des temps d'arrêt dans le creusement progressif de la vallée.

L'œuvre d'érosion continentale s'est poursuivie pendant une longue durée des temps quaternaires. Elle a été interrompue par une phase de *transgression* marine, qui correspond à l'horizon des couches à *Strombus mediterraneus*. Par ce mouvement positif très net, la mer pénètre dans la vallée corinthienne, à l'Est par l'isthme de Corinthe, à l'Ouest par la région de Patras.

M. Depéret termine en indiquant les principales conditions paléogéographiques et tectoniques des couches à Strombes dans le golfe de Corinthe. Nous pouvons les résumer ainsi :

1° Le bras de mer Corinthien a été rétabli à ce moment et le Péloponèse est redevenu une île comme aux temps pliocènes.

2° Les couches à Strombes présentent un état d'extrême dislocation. Dans la Méditerranée occidentale, la ligne de rivage de cette époque se trouve à l'altitude d'environ 30 mètres, tandis que ces couches ont été emportées ici à de fortes altitudes : 70 m. (centre de l'isthme), 150 m. (environs de Kolamak), et même jusqu'à 350 m. dans la région centrale du golfe. « C'est, conclut notre savant confrère, à ce système de dislocation par *soulèvements* et *effondrements* consécutifs qu'est due la géographie actuelle du golfe de Corinthe. Le dôme anticlinal du centre de l'isthme est la cause déterminante de l'existence de cet isthme et de la soudure tardive du Péloponèse avec le continent. Les effondrements post-quaternaires ont déterminé la forme actuelle du golfe, dont la fosse centrale descend à la profondeur de 700 m.,

1. Charles Depéret : Observations sur l'histoire géologique pliocène et quaternaire du golfe et de l'isthme de Corinthe. *C. R. Ac. des Sc.*, t. CLVI, p. 427, p. 659, p. 1048. Paris, 1913.

exactement à la hauteur de la région de soulèvement maximum des dépôts pliocènes et quaternaires ».

Les recherches du général de Lamothe[1] ont pour objet l'étude des anciennes lignes de rivage du Sahel d'Alger et d'une partie de la côte algérienne. Elles lui ont permis de reconnaître l'existence en Algérie des traces de 8 lignes de rivage qui, toutes, sont postérieures au Pliocène ancien. Les altitudes de ces lignes de rivage sont les suivantes : 325 m., 265 m., 204 m., 148 m., 103 m., 60 m., 31 m., 18 m.

« Ces traces de rivages, écrit l'auteur, sont, en général, des lambeaux d'anciennes plate-formes littorales, sur lesquelles reposent des poudingues marins, des graviers de plages et des dépôts éoliens présentant fréquemment le caractère de dunes littorales. Les plate-formes des niveaux les moins élevés ont été, le plus souvent, transformées en plaines côtières. » Ces huit lignes s'étendent sur toute la côte algérienne, en conservant leurs altitudes respectives.

Tous ces déplacements *négatifs* ont dû être sinon instantanés, du moins extrêmement rapides. D'autre part, les mouvements négatifs ont été séparés les uns des autres par des intervalles de temps plus ou moins longs, pendant lesquels le niveau de la mer est resté à peu près fixe, ou n'a subi que des mouvements *positifs* très lents et d'amplitude moindre.

M. de Lamothe considère ces mouvements comme d'*origine eustatique*[2], les déplacements négatifs étant produits par des effondrements verticaux de l'écorce terrestre, dans la zone sous-marine, probablement en connexion avec la formation ou l'approfondissement des abîmes océaniques ou méditerranéens. Quant aux déplacements positifs, ils ne seraient pas dus à des actions tectoniques, mais au relèvement du niveau des mers, sous l'influence des apports continentaux pendant les périodes de repos.

Après les niveaux de 31 et de 18 mètres, les mouvements négatifs ont abaissé chaque fois la ligne de rivage au-dessous du niveau actuel. Le déplacement de la ligne de rivage serait donc actuellement dans une phase positive.

1. Général de Lamothe : Les anciennes lignes de rivage du Sahel d'Alger et d'une partie de la côte algérienne. *Mémoires de la Soc. Géol. de France* (4), I, Mémoires, n° 6, 1911.

Id. : Au sujet du déplacement de la ligne de rivage, le long des côtes algériennes, pendant le Post-Pliocène. *Bull. Soc. Géol. Fr.* (4), t. XII, p. 343, 1912.

2. D'après la théorie eustatique, les masses continentales sont supposées fixes, tandis que les déplacements de la ligne de rivage sont attribués à des oscillations d'ensemble des niveaux des mers.

Ces conclusions peuvent s'étendre à l'ensemble de la Méditerranée, et semblent prouvées par la concordance des systèmes de terrasses des vallées du Rhône et du Danube avec celles de l'Isser.

En terminant, l'auteur fait observer que la théorie qu'il soutient s'applique exclusivement à une période du Post-Pliocène pendant laquelle l'écorce terrestre n'a éprouvé que des mouvements verticaux ; rien n'indique qu'elle soit applicable aux époques antérieures.

Sur les côtes de l'Italie méridionale se développent des formations *marines* pliocènes et quaternaires, qui se font remarquer par la richesse de leur faune et la variété des facies. De nombreux géologues italiens s'en sont occupés, mais ils ont surtout donné des listes de fossiles ; aussi les étages qu'ils ont distingués sont plutôt des entités paléontologiques que stratigraphiques. Les géologues français en ont également abordé l'étude, mais leurs travaux ne permettaient pas, jusqu'ici, de retracer l'histoire géologique de cette partie du bassin méditerranéen, par suite de la lacune existant dans nos connaissances entre les faunes marines pliocènes anciennes et la faune quaternaire des couches à Strombes.

Un intéressant problème était donc à résoudre. C'est à en chercher la solution que s'est attaché M. Maurice Gignoux[1]. En 1911, il publiait dans les *Annales de l'Université de Grenoble* une note très intéressante sur cette question ; en 1913, il développait et complétait ses précédentes conclusions dans un magnifique volume de près de 700 pages publié dans les *Annales de l'Université de Lyon*. Ce travail, qui lui a servi de thèse de doctorat, est une œuvre de tout premier ordre, où sont réunies de nombreuses données recueillies soit par lui, soit par ses devanciers. Les conclusions qu'elles permettent de formuler concordent avec les résultats de MM. Depéret et de Lamothe ; elles fournissent la reconstitution des phases récentes de l'histoire de la Méditerranée occidentale.

Le Pliocène de l'Italie du Nord se subdivise en un étage inférieur ou Plaisancien et en un étage supérieur ou Astien. Dans beaucoup de régions méditerranéennes, on ne connaît pas d'autres faunes marines que celles de ces deux étages. Par contre, dans l'Italie Centrale et dans l'Italie

1. M. Gignoux : Résultats généraux d'une étude des anciens rivages dans la Méditerranée occidentale. *Ann. de l'Université de Grenoble*, t. XXIII, fasc. 1, 1911. — Id. : Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile. *Ann. de l'Université de Lyon* (N^lle^ série), (1), *Sciences, Médecine*, fascicule 36, 1913.

Méridionale, les dépôts marins ne s'arrêtent pas avec l'Astien. Au-dessus, existent des dépôts dont la faune est différente. Ce stade de la faune correspond à ce que M. Gignoux[1] a appelé le *Calabrien*. La fin de cet étage se signale partout par un puissant remblaiement au cours duquel se sont formées dans l'Italie du Sud de vastes plaines côtières, tandis qu'en France et dans l'Italie du Nord se constituaient d'immenses plateaux alluviaux. Dans l'ensemble, *le Pliocène correspondrait à un cycle sédimentaire.*

Les cycles sédimentaires qui ont suivi se trouvent en *contre-bas* des couches calabriennes et *ravinent* les formations. Ils peuvent être attribués au Quaternaire (Pléistocène.) Les données paléontologiques recueillies permettent, avec l'établissement de synchronismes rigoureux, de reconnaître que les faunes les plus anciennes ont des affinités avec celles du Calabrien.

Les plus typiques de ces faunes du Quaternaire sont celles de Palerme, pour lesquelles notre confrère a proposé le nom de *Sicilien*. Quant aux faunes récentes, on y trouve un certain nombre d'espèces émigrées du Sud, dont la plus typique est le *Strombus bubonius* Lamck. Ces espèces caractérisent sur tout le pourtour de la Méditerranée occidentale des formations dites *couches à Strombes* et, de la sorte, constituent un horizon paléontologique très net.

En résumé, la classification adoptée est la suivante :

Quaternaire	Couches à Strombes Sicilien	
Pliocène	Calabrien Pliocène ancien	Astien Plaisancien

Les trois étapes principales de l'histoire géologique que nous retraçons correspondent donc respectivement au Calabrien, au Sicilien et aux Couches à Strombes. En effet, dès le Calabrien, la faune méditerranéenne a acquis, à peu de chose près, sa physionomie actuelle. La faune sicilienne s'en distingue surtout par des caractères négatifs; toutefois, à ce moment, les influences atlantiques se trouvent portées au maximum. Enfin, les couches à Strombes ont une individualité résultant de l'association constante d'un certain nombre de coquilles à affinités méridionales.

Abordant ensuite l'examen des mouvements relatifs des terres et des mers, M. Gignoux signale un fait général indéniable : « *c'est l'existence d'un certain rythme d'ensemble dans les déplacements des lignes de rivage* ». — « Sur la côte nord de la Sicile, ajoute-t-il, on ne peut manquer d'être frappé par la continuité de la ligne de rivage sicilienne, à une altitude de 80 à 100 mètres ». Cette ligne se retrouve sur de grandes longueurs des côtes italiennes. Pour le Quaternaire récent contenant la faune à *Strombus bubonius*, il correspond à une mer dont les lignes de rivage ont de 15 à 35 mètres. Ces données correspondent bien avec celles de M. de Lamothe pour l'Algérie et de M. Depéret pour les côtes françaises.

Les terrasses fluviatiles, elles aussi, montrent un rythme d'ensemble et les études poursuivies fournissent des résultats concordants.

Insistons encore sur une constatation importante : c'est que les mouvements dont nous venons de parler n'ont eu qu'une faible influence sur les faunes marines. L'évolution de ces faunes, conclut-il, nous apparaît comme infiniment lente, par rapport à l'évolution des formes du terrain.

Une courte mais suggestive note de notre confrère de Grenoble[1], relative au Quaternaire italien, complète ces conclusions.

Le Sicilien de Palerme, nous dit M. Gignoux, s'est déposé dans un ancien golfe. Les dépôts de la partie centrale consistent en argiles très fossilifères (argiles de Ficarazzi), tandis que ceux bordant les îles calcaires, constituant aujourd'hui le Mont Pellegrino et le Mont Aspra, consistent en sédiments zoogènes (Mollasses calcaires). Les faunes spéciales à ces deux facies s'opposent l'une à l'autre par leurs caractères d'adaptation.

Des phénomènes analogues s'observent dans la faune des couches à Strombes de Tarente. Dans la plaine littorale, à l'Ouest de cette ville, ces couches sont représentées par des sables, graviers et conglomérats, tandis qu'à l'Est de la même ville se montre un facies zoogène où se développent des Polypiers littoraux.

On surprend ainsi sur le vif, ainsi que l'a fait remarquer M. Kilian, la rapidité avec laquelle les facies peuvent se modifier.

Les travaux dont nous venons d'exposer les principales données font honneur au jeune savant qui en est l'auteur. Ils se signalent par des observations minutieusement recueillies et surtout par des conclusions judicieuses, bien que toujours prudentes. Ils jettent un jour lumineux sur nombre de questions non résolues, malgré

1. M. Gignoux : Sur la classification du Pliocène et du Quaternaire dans l'Italie du Sud. *C. R. Acad. des Sc.*, 29 mars 1910.

1. M. Gignoux : Monographie, au point de vue du facies et de la bathymétrie, de deux gisements quaternaires italiens, Palerme et Tarente. *C. R. Soc. sav.* à Grenoble en 1913. Paris, Imprimerie Nationale, 1914.

les études multiples dont elles avaient été l'objet.

II. — Les bassins de l'Isère et du Rhône pendant les temps quaternaires

L'étude des bassins de l'Isère et du Rhône, pendant les temps quaternaires, a préoccupé de nombreux géologues, dont les travaux complètent ceux que nous avons analysés dans nos précédentes revues[1]. M. E. de Martonne a abordé la question de la morphologie des vallées alpines, MM. Joseph Révil et l'abbé Paul Combaz ont décrit les formations glaciaires et fluvio-glaciaires du massif des Bauges (Savoie), MM. Depéret et Doncieux ont esquissé l'histoire de la vallée du Rhône aux environs de Lyon, MM. Gignoux et Combaz ont étudié les environs de Belley (Ain), enfin M. Roman, ceux de la même vallée du Rhône aux environ d'Avignon et d'Orange. Ces divers travaux apportent une contribution importante aux travaux antérieurement publiés.

D'après M. de Martonne[2], les anomalies du modelé glaciaire sont déterminées par les anomalies du modelé préglaciaire. Les glaciers sont venus occuper des vallées qui n'avaient pas atteint leur profil d'équilibre. Les formes que révèle l'analyse morphologique sont le produit d'un cycle d'érosion quaternaire, « le cycle *fluvio-glaciaire alpin* », qui se décompose en une série « d'*épicycles* fluviatiles et glaciaires alternants ».

Quelle est l'origine de ce cycle fluvio-glaciaire? L'analyse des niveaux d'érosion de l'Arc et de l'Isère permet de répondre à cette question. Dans la Maurienne et le Grésivaudan existent huit anciens thalwegs, dont les plus élevés se perdent vers l'amont et les plus bas vers l'aval. Seuls les niveaux inférieurs (1 à 3) se suivent d'un bout à l'autre.

Les niveaux supérieurs seraient antérieurs à la glaciation, tandis que les inférieurs seraient des niveaux glaciaires. Ces derniers présentent des contre-pentes très caractéristiques, qui sont en rapport avec les élargissements et les étranglements des vallées. Les autres paraissent plus réguliers que les niveaux inférieurs, ce qui est d'accord avec leur origine fluviale.

La convergence vers l'aval des thalwegs indique que l'origine du creusement doit être cherchée dans le soulèvement de la montagne. D'autre part, l'intensité du creusement est en décroissance dans les épicycles récents et s'accorde avec la théorie suivant laquelle l'approfondissement des vallées est dû surtout aux creusements fluviatiles déterminés par des mouvements du sol.

Lorsque le profil d'équilibre n'est pas atteint, les périodes interglaciaires sont des périodes d'approfondissement général, tandis que, lorsqu'il est atteint, il ne peut plus y avoir de creusement pendant les périodes interglaciaires, sauf sur les verrous et les gradins des vallées suspendues. Partout ailleurs, les périodes interglaciaires sont des périodes d'alluvionnement et en partie de comblement des bassins.

L'établissement du profil d'équilibre n'arrête pas le creusement glaciaire, les bassins ont pu continuer à se creuser au-dessous de ce profil; ainsi sont nés les lacs subalpins par une phase de « *surcreusement vrai* ».

Cela étant, les périodes interglaciaires ont été depuis longtemps des périodes d'accumulation, et le Grésivaudan, à l'époque rissienne, aurait été déjà un bassin creusé au-dessous du profil d'équilibre.

Dans un dernier chapitre, l'auteur revient sur la question des mouvements ayant affecté les Alpes entre la fin du Pliocène et les débuts du Quaternaire. Au Pliocène moyen, les Alpes auraient traversé une phase d'érosion ralentie correspondant à un relief de maturité avancée. Les dépôts subalpins de cette époque, sur tout le pourtour des Alpes occidentales et méridionales, sont formés d'éléments fins correspondant à cette phase d'érosion. Avec les temps quaternaires l'érosion a repris une nouvelle vigueur due au soulèvement du bloc montagneux. L'âge de ce soulèvement remonte à l'époque où commence le dépôt de cailloutis des plateaux du Bas-Dauphiné (Calabrien de Gignoux).

L'auteur conclut que c'est seulement après le Pliocène moyen (Astien) que les mouvements du sol se reproduisent dans les Alpes avec une certaine intensité, donnant naissance au « *grand cycle d'érosion alpin* » décomposé en *épicycles* par les arrêts momentanés du mouvement et, au bout d'un certain temps, par les invasions glaciaires successives.

En outre, tout permet de supposer que l'érosion marcha plus vite que le soulèvement. Dans l'avant-pays se succédèrent des périodes de remblaiement et de creusement, tandis que dans les vallées alpines se produisit un approfondissement graduel avec des formes où la sculpture glaciaire alterne avec celle due aux érosions torrentielles.

1. *Revue gén. des Sciences*, du 30 mai 1913, p. 389.
2. E. de Martonne : L'évolution des vallées glaciaires alpines, en particulier dans les Alpes du Dauphiné. *Bull. Soc. géol. de France*, 4e S., t. XII, fasc. 7, p. 516; 1912.

Le massif des Bauges (Savoie), qu'ont décrit MM. Joseph Révil et l'abbé Paul Combaz [1], fournit des preuves indiscutables de plusieurs glaciations. Outre les traces d'une glaciation alpine, *d'âge rissien*, dont il ne reste que des blocs erratiques disséminés à de plus hautes altitudes que celles des glaciations suivantes, on distingue nettement : 1° *une glaciation alpine wurmienne;* 2° *une glaciation locale* (*récurrence néowurmienne*).

1° *Glaciation alpine wurmienne.* — Plusieurs branches du glacier alpin ont envahi le massif, dont deux se suivent nettement dans la région étudiée : l'une par le col du Frêne s'avançait dans la vallée du Chéran ; l'autre débordant par le col de Marocaz, dans la vallée de la Laysse de la Thuile, ne prenait qu'en écharpe le bord Sud-Est du massif, et à sa sortie du Vallon de la Boiserette, et du plateau de Saint-Jean d'Arvey, à l'Est de Chambéry, rejoignait la branche du glacier de l'Isère, arrivant par la combe de Savoie.

Au *Glacier du Chéran* peuvent être rapportées : *a*) des alluvions de progression observées dans la grotte de Banges ; *b*) des moraines avec cailloux alpins, — provenant du massif de Beaufort et des chaînes de la Tarentaise, — et mêlés à des roches locales ; *c*) des alluvions subordonnées.

La morphologie complète ces attributions ; des épaulements jalonnant les bords de l'auge wurmienne se reconnaissent nettement. De plus, existent des cuvettes « surcreusées » qu'accidentent des torrents descendus des replats latéraux : telles sont les cuvettes surcreusées de la Compôte et de Lescheraines, que sépare le « verrou » du Châtelard.

Au *Glacier de la Laysse* se rapportent : *a*) les cailloutis de progression de Saint-Jean d'Arvey ; *b*) les moraines de la Thuile, de Puigros, de Curienne, de Thoiry et de Saint-Jean d'Arvey.

Aux *Glaciers et Névés locaux*, d'âge wurmien, appartiennent, *pour le bassin du Chéran*, le glacier du vallon de Bellevaux, celui de la vallée d'Aillon, des combes de Fully et de Lourdens ; *pour le bassin de la Laysse*, les névés de la vallée des Déserts.

2° *Glaciation locale* (*récurrence néowurmienne*). — *Bassin du Chéran.* — Le glacier néowurmien du Chéran résulte de la jonction momentanée des lobes terminaux de plusieurs glaciers locaux qui, lors de leur retrait, retrouvent progressivement leur individualité. — A ce glacier nous rapportons : *a*) des alluvions de progression que surmontent des matériaux morainiques, en aval du Pont de l'Abyme ; *b*) les moraines terminales de Cusy avec amorces de cônes de transition et de terrasses subordonnées.

De plus, nous distinguons un certain nombre de stades de retrait : *c*) stades du Pont de l'Abyme ; *d*) stade du Châtelard ; *e*) stade de Bellevaux ; *f*) stade des Arbets.

Comme phénomènes géologiques bien observables, citons : 1° le profil en U de la vallée de Sainte Reine ; 2° à l'entrée de la cluse de Banges, le seuil de glacier local *emboîté* dans le seuil wurmien.

Bassin de la Laysse. — La partie supérieure de ce bassin ne montre un glacier local que dans la vallée haute des Déserts. Les moraines se voient sous le village même, tandis que le cirque glaciaire s'observe nettement en amont, et qu'en aval la vallée présente un *emboîtement* caractéristique du thalweg d'un glacier récent dans celui d'un glacier plus ancien.

La vallée du Rhône, aux environs de Lyon, se fait remarquer par la variété des terrains de transport d'âge récent qui s'y rencontrent. M. Depéret [1] en a repris l'étude détaillée ; il est arrivé à d'importantes conclusions.

En remontant des temps pliocènes à l'époque actuelle, il a reconnu les formations suivantes :

I. — *Alluvions pliocènes.* — Les alluvions de la fin du Pliocène consistent en trois terrasses de graviers étagées, répondant à des temps d'arrêt dans le creusement progressif de la vallée :

1° *Terrasse* de 215 m., dont les principaux lambeaux se rencontrent sur la rive droite du fleuve à Montagny et au-dessus de Sainte-Colombe (360 m.), ainsi que sur la rive gauche au télégraphe de Seyssuel (357 m.).

2° *Terrasse de* 140 m.-155 m. Sur le plateau gneissique lyonnais existe une terrasse alpine qui atteint à Champagne, à Marcy-l'Etoile, à Craponne, l'altitude maximum de 307 m., soit environ 145 m. au-dessus du Rhône.

3° *Terrasse de* 120 m.-125 m. Elle couvre le plateau de la Dombe, sous une couverture glaciaire, aux altitudes de 294 m. à Beynost, 290 m. à Saint-Maurice de Beynost, 285 m. à Mas-Rillier. Elle traverse la Saône, passant au pied du Mont-Ceindre, pour former les plateaux de la Duchère, de Saint-Genis-Laval, etc.

1. Joseph Révil et Paul Combaz : Les formations pléistocènes du massif des Bauges. *Bull. des services de la Carte géologique de France*, t. XXIII, p. 131 ; 1913.

Id : Glaciaire et Fluvio-Glaciaire du massif des Bauges. *Bull. Soc. hist. nat. de Savoie*, 2e s., t. XVI, p. 81 ; 1913.

1. Ch. Depéret : L'histoire fluviale et glaciaire de la vallée du Rhône aux environs de Lyon. *C. R. Acad. des Sc.*, t. CLVII p. 532 et p. 564 ; 1913.

D'origine purement fluviale, ces terrasses dessinent d'anciens tracés du Rhône, empiétant sur le Plateau Central.

II. — *Alluvions quaternaires.* — Le Quaternaire débute par une période de remblaiement, qui édifie une *haute terrasse* de graviers gris dominant de 95 m. le thalweg actuel. Elle se suit par la cluse de l'Albarine à Ambérieu jusqu'à la Valbonne.

Le cours de ce Rhône quaternaire suivait à peu près le tracé du fleuve actuel. En effet, il s'agit d'une terrasse *fluviale*, indépendante d'intervention glaciaire.

M. Depéret en conclut « qu'à l'époque où le glacier rissien atteint Lyon, la haute terrasse non seulement existait déjà, mais avait été ravinée presque jusqu'au niveau du Rhône actuel par des érosions corrélatives d'un fort abaissement du niveau de base ».

III. — *Première glaciation. Moraines rissiennes et terrasse de* 55 m.-60 m. — Le glacier s'est étalé sur les plaines de la Bresse et de la Dombe, puis, franchissant le Rhône, s'est établi sur les terrasses pliocènes de la rive droite.

En se retirant, il a abandonné une épaisse moraine de fond qui a recouvert la plaine du Rhône, le plateau de la Dombe et les collines du Bas-Dauphiné. Elle a été découpée par les érosions wurmiennes en une série de collines allongées; à cette époque, écrit M. Depéret, « *la source du Rhône était aux moraines des Echets* ».

IV. — *Deuxième glaciation. Moraines intermédiaires ou néorissiennes et terrasse de* 30 m. — Entre le front des moraines rissiennes et l'amphithéâtre des moraines wurmiennes s'observent les traces très morcelées d'un stationnement glaciaire que le savant professeur de Lyon désigne sous le nom de *glaciation néorissienne.* Cette glaciation, se demande-t-il, est-elle vraiment indépendante ou ne serait-elle qu'un simple stade de recul de la glaciation rissienne ?

Cette seconde solution ne nous paraît pas admissible, puisqu'il y a eu creusement de la vallée entre les deux. Il nous semble plus simple de n'y voir qu'une avancée du glacier wurmien qui se serait étendu au delà des limites qu'on lui a attribuées jusqu'à présent.

V. — *Troisième glaciation. Moraines wurmiennes et terrasse de* 15 m.-18 m. — L'amphithéâtre morainique frontal se suit à partir de Saint-Jean de Niost et Saint-Maurice de Gourdan, sur la rive droite, et se poursuit dans la plaine du Bas-Dauphiné par Janneyrias, Colombier, Grenay, Saint-Quentin, Diémoz et Artas.

Depuis le retrait de ce glacier, le creusement de la vallée du Rhône n'a été que d'environ 15 m.; aucune terrasse n'indique un arrêt dans l'intervalle de ce creusement.

M. Doncieux a exploré un territoire de la feuille de Lyon[1] compris entre Estressin, Seyssuel, Chasse, Ternay et Communay. En dehors des terrains cristallophylliens, affleurant sur le bord ouest qui domine le Rhône, les formations pliocènes en recouvrent la majeure partie. Elles consistent en cailloutis formés presque exclusivement de quartzites, de grès quartziteux et de quartz.

Ces formations pliocènes, épaisses de plus de 100 m., peuvent être réparties en trois niveaux caractérisés par trois terrasses. Toutefois, l'auteur fait remarquer que les points où les surfaces topographiques ont été conservées sont rares. De plus, la séparation du Pliocène et du Glaciaire est difficile, par suite du remaniement de la partie supérieure du Pliocène et de son mélange à la moraine.

Des *dépôts glaciaires rissiens* s'observent au nord de la vallée de la Seveines, de Ternay-Communay à Heyrieux. Un bourrelet, allant du cimetière de Ternay (268 m.) à l'ancien télégraphe de Communay (305 m.), a la composition d'une moraine terminale et la forme en est bien conservée. Des dépôts glaciaires de la même époque se retrouvent encore en allant de Seyssuel et de Pont-Evêque à la plaine de Charantonnay-Beauvoir.

Au Wurmien, se rapportent des dépôts non altérés, ou dont l'altération ne descend pas à plus de 0 m. 50. Les formes topographiques sont nettement marquées, les blocs erratiques sont nombreux et les moraines terminales donnent naissance aux *basses terrasses.*

La limite occidentale des dépôts glaciaires de cette époque forme une ligne passant par Heyrieux, Cézargues, Petit-Babouillière, Grange-Neuve, N.-D. de Lettras, le Pillard, Vigneux, le Taford (405 m.), le Baroz, le Revolet, la route d'Artas à Saint-Jean de Bournay (443), Meyrieu.

La région entre Charantonnay et Artas offre des exemples typiques du passage des moraines aux terrasses. Une terrasse extrêmement nette est celle du champ de courses de Pont-Evêque.

La vallée de la Seveines, prolongée par celle de Levaux, montre aussi en deux points des alluvions quaternaires, s'élevant au niveau de 210-215 m. Des alluvions du même âge s'observent de Chasse, Serezin et Saint-Symphorion d'Ozon, mais l'étude n'en est pas terminée.

1. L. Doncieux : Revision de la feuille de Lyon au 80.000. *Bull. des Services Carte géol. Fr.*, t. XXII, p. 90 ; 1913.

MM. Gignoux et Combaz[1] ont étudié avec soin les dépôts quaternaires des environs de Belley; ils ont reconnu trois *stades de retrait* du glacier alpin qui avait recouvert la région. Ces stades se placent entre l'époque *wurmienne* (stade de Lagnieu de Depéret) et l'époque *néo-wurmienne* (stade de Collonges-Fort l'Ecluse de Kilian).

I. — A l'entrée de la cluse des Hôpitaux et du Valromey se développent des barrages morainiques importants. En outre, à Breynier-Cordon existe un petit lac (lac de Pluvis) marquant l'emplacement d'une cuvette terminale dominée par des moraines qui, à l'aval, passent à une terrasse fluvio-glaciaire. — Ce stade peut être désigné sous le nom de *stade Virieu-Rossillon*.

II. — Une phase ultérieure correspond à une époque où le glacier avait abandonné les plateaux et restait confiné dans les vallées qui les découpent (*stade Brens-Belley* de M. Kilian).

III. — Une phase plus récente correspond à l'abandon par les glaces des cluses du lac de Barre et de Pierre-Châtel. La langue glaciaire restait confinée dans la dépression Vionz-Culoz-Artemare. A ce *stade de Charbonnod*, correspondent les terrasses d'Artemare et de Talissieu.

Ces stades, concluent nos confrères, sont à peu près contemporains de ceux distingués depuis longtemps par M. Kilian, pour le bassin de l'Isère, entre Rives et Moirans.

M. Roman[2] a décrit les terrasses rhodaniennes qui existent sur les feuilles d'Orange et d'Avignon, c'est-à-dire dans une région où elles sont nettement fluviatiles et en dehors de toute influence glaciaire. Il a cherché à les relier à celles étudiées dans le Bas-Dauphiné par MM. Kilian et Gignoux; il est arrivé à d'importants résultats qui se résument ainsi :

I. — Les cailloutis pliocènes du plateau de Chambaran qui, à la Feyta, dominent le Rhône de 269 m. n'ont pas laissé de traces plus au Sud, si ce n'est, sur les feuilles de Privas, quelques lambeaux très restreints de cailloutis, et sur la feuille d'Orange, les cailloutis du sommet de la colline de Saint-Paul-Trois-Châteaux.

II. — Des lambeaux observés aux environs de Bourg-Saint-Andéol, et surtout le plateau de Rochefort-Domazan, se rattachent aux alluvions du plateau d'Auberives, qui s'élèvent de 140 à 145 m. au-dessus du thalweg actuel.

III. — Le niveau de 100 m. au-dessus du Rhône débute par le plateau de Charveyron, au-dessus de Saint-Marcel-d'Ardèche, et se continue par le lambeau de Codolet dans la vallée de la Cèze. On est ici sur le prolongement de la *terrasse de la Fouillouse* (feuille de Valence) et de la terrasse des Trappistines de Montélimar.

IV. — Une terrasse de 80 mètres s'observe au-dessus des Angles et de Pont-d'Avignon; elle paraît se relier à un lambeau conservé dans la vallée de la Tave près de l'Ardoise. — M. Roman rattache à ce niveau les cailloutis qui s'étendent entre Bédarrides et Châteauneuf-du-Pape.

V. — La terrasse de 60 mètres, très nette au N.-O. des Granges-Gontardes, se poursuit jusqu'à la colline de Saint-Restitut.

Entre Beaucaire et Nîmes cette terrasse a une grande superficie et constitue la majeure partie de la Costière de Nîmes.

VI. — Au niveau de 45 mètres, correspondant à la *terrasse du séminaire de Valence*, il faut rattacher la terrasse dominant Pont-Saint-Esprit sur la rive droite et surtout la terrasse du champ de manœuvres d'Orange.

VII. — Le niveau de 25-30 mètres n'est représenté dans la vallée principale que par des lambeaux très restreints, entre autres par la terrasse de la ville de Beaucaire qu'entaille la voie ferrée. — C'est le prolongement vers le Sud de la *terrasse de la ville de Romans*.

VIII. — La terrasse de 15 mètres, ou *terrasse de la ville de Valence*, est très constante sur les deux rives du Rhône, et presque partout visible. Sur la rive gauche, on la suit depuis le défilé de Donzère jusqu'à Bollène; sur la rive droite, elle s'étend depuis la vallée de l'Ardèche jusqu'au delà de Pont-Saint-Esprit.

Les trois premières terrasses sont pliocènes, celle de 80 mètres appartient au Quaternaire ancien, enfin celle de 60 mètres correspond aux terrasses rissiennes de la vallée du Rhône entre Lyon et Valence.

III. — L'Eocène de la Tunisie

Un mémoire posthume du regretté géologue Philippe Thomas[1], publié en 1913 sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique, précise la stratigraphie des terrains éocènes de la Tunisie, terrains très importants au point de vue

1. M. Gignoux et P. Combaz : Sur l'histoire des dernières glaciations rhodaniennes dans le bassin de Belley. *C. R. Acad. des Sc.*, t. CLVIII, p. 1536; 25 mai 1914.

2. Roman : Feuille d'Avignon au 320.000. *Bull. Serv. carte géol. Fr.*, t. XXII, p. 200; 1913.

1. Philippe Thomas : Essai d'une description géologique de la Tunisie. Troisième partie : Stratigraphie des terrains cénozoïques. Paris, Imprimerie Nationale, 1913.

La première partie du mémoire de cet auteur a paru en 1907, la seconde en 1909. Ces parties sont consacrées aux terrains primaires et secondaires.

industriel, car c'est à ce niveau que se rencontrent les assises à phosphates.

Les principaux termes de la série éogène existent dans cette région avec les caractères essentiels de ceux de l'Algérie. L'Eocène peut être divisé en trois étages :

1° L'*Eocène inférieur*, bien développé dans le Nord, le Centre et le Sud, et se subdivisant en : *a*) sous-étage inférieur marno-calcaire et phosphatifère; *b*) sous-étage supérieur à grandes Nummulites, très calcaire et localisé dans le Centre-Ouest et Nord.

2° L'*Eocène moyen*, marno-calcaire à lumachelles d'huîtres, où l'on distingue : *a*) niveau de base marno-calcaire principalement formé de bancs d'huîtres ; *b*) niveau supérieur à sédiments vaseux et calcaires à Ostracés et à *Carolia*.

3° L'*Eocène supérieur* calcaréo-gréseux avec niveaux à éléments gypso-salins et ferrugineux jaunes coralligènes et nombreuses petites Nummulites.

C'est en 1885 que Thomas, vétérinaire de l'armée et membre de la Mission d'exploration scientifique de la Tunisie, découvrait dans l'Eocène inférieur le niveau phosphatifère qui a été une source de richesse pour la Régence. Ce niveau s'étend depuis les environs de Gafsa, dans le Sud-Ouest, jusqu'aux environs du Kef, en y comprenant, au N. E. de la région du Sud, les affleurements du djebel Nasser Allah.

Dans la région du Sud, sur le versant nord du djebel Tsoldja, au-dessus d'un premier faisceau de strates marno-calcaires (Ei^1), commence une série (Ei^2) également marno-calcaire à la base de laquelle se développe le niveau phosphatifère. Dans le bas, existent des calcaires marneux un peu rognoneux entre lesquels s'intercalent des marnes feuilletées grises et verdâtres. Au-dessus, vient le niveau industriel qui débute par 1 mètre environ d'une marne schisteuse brune passant graduellement à un calcaire friable. — Au point considéré, la couche phosphatifère a une épaisseur d'environ 6 mètres et est divisée en 2 parties presque égales par un lit de marne noire, dont l'épaisseur peut atteindre 0 m. 30. Elle se termine par un calcaire grenu et friable que recouvrent des bancs de calcaire gréseux blanchâtre pétris de valves d'huîtres.

Un second point où le zélé géologue observa encore l'Eocène inférieur est le Foum Tseldja, sur l'autre versant de la chaîne. Une coupe relevée dans cette localité offre les principaux éléments de la coupe précédente, mais en diffère par le développement considérable du niveau phosphaté. La masse industrielle est dans des marnes feuilletées plus ou moins brunes ou verdâtres que caractérisent deux bancs de coquilles.

L'Eocène inférieur se retrouve au djebel Metlaouï; on le rencontre encore dans la chaîne nord du massif de Gafsa, ainsi que dans la région dite des dômes, au Sud-Ouest de ce massif. Enfin, sur le versant méridional du djebel Schif, le niveau phosphatifère présente encore un beau développement, permettant de compter sur d'importantes quantités de phosphate exploitable.

D'après le regretté Léon Pervinquière, savant auquel la géologie de la Tunisie doit d'importants progrès, l'Eocène moyen consiste en marnes très puissantes pouvant être remplacées partiellement à la partie inférieure par des calcaires grossiers. Dans le centre, deux localités voisines, l'Ousselat et le Trozza, montrent les deux conditions opposées: continuité avec l'Eocène supérieur, d'une part (Ousselat); indépendance avec ce dernier, d'autre part (Trezza).

Le caractère de l'Eocène moyen de cette région est celui de dépôts présentant un facies marneux à Ostracés, indiquant une mer de faible profondeur. En certains points des lagunes d'évaporation s'établirent; elles formèrent à divers niveaux des bancs de gypses intercalés dans les marnes.

Faisant suite aux calcaires plus ou moins gréseux et aux marnes gypsifères, une nouvelle formation apparaît : c'est l'*Eocène supérieur*. Elle occupe en Tunisie une surface moindre que les étages précédents. Sa limite septentrionale commence à la mer et sa limite sud-est au djebel Nasser-Allah. Elle est inconnue dans la partie occidentale de la région centrale et n'apparait que sur quelques points assez limités de la partie orientale.

L'Eocène supérieur peut être subdivisé en deux sous-étages : l'*inférieur* (Medjanien) consiste en marnes à Fucoïdes passant dans le haut à des grès; le supérieur (Numidien) consiste en grès siliceux jaunâtres, friables, qui se développent avec une constance remarquable sur tout le littoral algérien et tunisien.

A l'Eocène supérieur succède une phase d'émersion, qui correspond aux temps aquitaniens.

L'importance des travaux de Philippe Thomas n'échappera à aucun naturaliste. Il est vivement regrettable qu'ils aient été interrompus par la mort de ce savant et que la partie de ses recherches relatives aux formations néogènes (Tertiaire supérieur) ne puisse être publiée.

IV. — Le Nummulitique alpin

De nombreux géologues se sont occupés, à des points de vues divers, des terrains nummulitiques de la chaîne des Alpes, et l'histoire de cette chaîne, pendant les temps tertiaires, est actuellement connue dans ses traits principaux. Toutefois, aucun travail d'ensemble traitant de tout le massif et aucune synthèse n'avaient été tentés. C'est le programme que s'est tracé M. Jean Boussac[1], « programme qui a été de réunir, nous dit-il, assez d'observations pour donner une solution satisfaisante et solidement assise aux problèmes essentiels que posait la stratigraphie du Nummulitique alpin, et — de nombreux travaux étant en cours dans toutes les parties des Alpes — de donner aux géologues une base précise pour leurs études de détail ».

En débutant, après avoir exposé les méthodes qui lui ont servi de point de départ, l'auteur fait remarquer que, pour les problèmes ayant trait au Nummulitique des Alpes, la tectonique fournit le cadre naturel où se distribuent les faits d'ordre stratigraphique. Le premier chapitre est consacré aux grandes lignes de cette tectonique. Nous ne le résumerons pas, ayant traité, ici-même, et à diverses reprises, ces diverses questions.

Le second chapitre s'occupe de la bordure orientale du massif du Mercantour. — Le Lutétien manque dans les couches autochtones jusqu'au col de Tende. Il est représenté dans celles de Rio Freddo, ainsi que dans les assises en recouvrement (écailles) du « Val Gesso », du « Valle grande » et du Col de Tende ; il consiste en calcaires plus ou moins gréseux à grandes Nummulites.

L'Auversien serait représenté par la base des schistes gréseux ou à Globigérines surmontant le Lutétien.

Le Priabonien[2] n'est individualisé que dans les couches autochtones des vallées de « la Stura », du « Gesso » et de « Valle Grande, où il consiste en calcaires peu épais à petites Nummulites. Dans les écailles et dans les couches autochtones du Rio Freddo et de l'Argentine, il est fondu dans le facies schisteux.

Le Lattorfien (Oligocène inférieur) est constitué par les grès d'Annot ou *Macignos* des géologues italiens.

1. Jean Boussac : Etudes stratigraphiques sur le Nummulitique alpin. (*Thèse de doctorat*). Imprimerie Nationale, Paris, 1912.

2. Sous ce nom sont réunis en un seul étage le Bartonien et le Ludien.

Les territoires qui s'étendent entre le massif du Mercantour au Nord et celui des Maures et de l'Esterel au S.-E., décrits dans le troisième chapitre, constituent une vaste région synclinale. Les mers lutétienne et auversienne s'y sont avancées en formant un golfe entre les massifs. Au Priabonien, le Mercantour a été complètement entouré.

La transgression graduelle des différents niveaux ressort avec évidence. Un phénomène mérite aussi de retenir l'attention : « C'est celui du déplacement graduel des facies et de l'obliquité des horizons lithologiques, par rapport aux horizons paléontologiques. « Il est à noter, écrit notre confrère, qu'une même assise peut être d'âge différent en deux points différents du géosynclinal ; la continuité stratigraphique n'est plus ici une preuve de synchronisme ».

La région étudiée dans le chapitre IV comprend les bordures sud et ouest du Mercantour, les bordures sud et ouest du Pelvoux, ainsi que les affleurements autochtones intermédiaires. Nous avons, ici encore, affaire à un ancien golfe. La mer nummulitique s'est insinuée à l'époque auversienne. Au Priabonien, elle a entouré complètement le Mercantour, tandis qu'elle ne formait qu'un golfe au sud du Pelvoux.

Le chapitre V traite des affleurements nummulitiques situés entre Castellane et Tortone, de ceux de Faucon et Gisors dans le Gapençais, ainsi que ceux de Céuse et du Dévoluy.

M. Boussac arrive à une intéressante conclusion : c'est que de Castellane au Nord du Dévoluy se développe une zone caractérisée par une transgression de l'Oligocène inférieur. Un chenal se serait creusé, en dehors de la région alpine proprement dite. Quand les Alpes se furent formées à l'époque rupélienne[1], la molasse rouge (Chattien) se déposa et ce chenal fut comblé.

Avec le chapitre VI nous arrivons aux zones internes des Alpes françaises, c'est-à-dire à la zone des Aiguilles d'Arves et du Briançonnais, ainsi qu'aux affleurements désignés par M. P. Termier sous le nom de quatrième écaille (Eychanda, Serre-Chevalier). Le Nummulitique se fait remarquer par l'épaisseur énorme des assises, l'uniformité des facies, la rareté des fossiles et les complications tectoniques.

Ces massifs, déjà connus par les savants travaux de MM. Haug, Kilian et Termier, ont permis de formuler les conclusions suivantes : 1° le groupe inférieur des nappes de l'Ubaye et de l'Embrunais se distingue par le fait que la sédimentation paraît avoir été continue depuis au moins le Crétacé supérieur jusqu'à l'Oligocène

1. Etage moyen du Néonummulitique.

inférieur; 2° une nappe plus élevée (Gerbier, Gias du Chamois, Mourre-Haut, Séolanes, Coste-Loupet) se fait remarquer par la disparition du facies compréhensif, du Flysch calcaire ; 3° une zone plus interne (Saint-Paul, Col de Vars, Saint-Clément) montre à nouveau les facies compréhensifs.

Le Nummulitique autochtone des chaînes subalpines de Savoie, étudié par MM. H. Douxami et J. Révil, et celui des hautes chaînes calcaires, moins connu, forme un ensemble, décrit dans le chapitre VII, qui s'étend au Nord de la dépression de Chambéry par le massif des Bauges pour se continuer au delà du lac d'Annecy et du seuil de Faverges jusqu'au Rhône.

L'Auversien est généralement peu développé. Le Priabonien, presque partout présent, est bien représenté; lorsque l'Auversien manque, la partie marneuse est remplacée par un facies détritique. Ce sont alors des calcaires et des grès qui en forment la base.

Le Lattorfien est formé de grès sans fossiles, sauf sur le plateau des Déserts, près de Chambéry[1], où se développe une zone stratigraphique plus externe dans laquelle l'Oligocène est *transgressif*, et existe seul. Cette zone se continue par les environs d'Annecy, de Bonneville et de Cluses.

Le chapitre VIII est consacré aux nappes helvétiques, qui se développent entre le Rhône et le lac de Thoune. La distinction de ces différentes nappes et de leur ordre relatif, due à M. Lugeon, a seul permis une étude des changements de facies, auparavant impossible.

Le Priabonien est le terme le plus constant ; il existe dans toutes les unités tectoniques. On remarque, ici encore, que les transgressions se sont fait sentir du centre vers l'extérieur du géosynclinal subalpin et que les facies ont une répartition coïncidant dans les grandes lignes avec les aires de transgression.

Le Nummulitique dit « autochtone » de la Suisse, étudié dans le chapitre IX, a fourni d'importantes données modifiant les interprétations admises. Il faut distinguer deux séries de couches : une série *normale*, seule autochtone, et une série *renversée*. Ces deux séries ont un noyau synclinal commun.

Avec le chapitre X, nous arrivons à l'étude des facies du Nummulitique qui, avant la production des nappes de recouvrement, succédaient au Sud à ceux dont nous avons parlé dans le précédent chapitre. Ce Nummulitique a été *charrié* au Nord de l'autochtone dans les plis qui forment la nappe des Diablerets, la nappe du Mürtschenstock et la nappe du Wildhorn.

Notons qu'au point de vue de la remise en place de ces nappes, ressortent nettement les lois de l'obliquité des zones sédimentaires par rapport aux zones tectoniques.

Dans le chapitre XI sont décrits le Nummulitique des Préalpes et celui des Grisons. Les affleurements sont distribués en deux groupes : d'une part, les Grisons sur le prolongement de la zone des Aiguilles d'Arves; d'autre part, les lambeaux de recouvrement répartis sur le front de la chaîne alpine, constituant les Préalpes et les Klippes.

L'étroite zone de Flysch qui, depuis le Rhin jusqu'à Vienne, sépare le plateau molassique des Alpes calcaires du Nord, fait l'objet du chapitre XII.

Le chapitre suivant est ensuite consacré au Nummulitique des nappes austro-alpines étudiées dans trois régions : 1° environs de Reichenhall; 2° environs de Reit im Winkel et de Kössen ; 3° environs de Guttaring en Carinthie. — Nous sommes ici en dehors du géosynclinal, en véritable pays dinarique et sur le bord méridional des nappes austro-alpines.

Comme conclusions à cet exposé, esquissons avec l'auteur l'histoire du géosynclinal alpin pendant les temps nummulitiques.

Au début de la période, la mer était confinée dans la zone des séries compréhensives, s'allongeant sur l'emplacement de la zone des Schistes lustrés et de celle des Aiguilles d'Arves, de la Méditerranée à l'Autriche. Le géosynclinal alpin, dont émergeaient quelques ilots, était enserré entre deux terres émergées; il ne communiquait avec la mer qu à ses extrémités sud-occidentale et orientale.

Avec le Lutétien supérieur, le géosynclinal s'élargit en s'annexant le géosynclinal de la Suisse orientale et la zone bavaroise de Flysch, dont le mouvement de descente permet le dépôt des épaisseurs de Flysch du « Rigi ».

Pendant l'Auversien, la position du géosynclinal change peu, bien que la forme des rivages soit tout autre. La mer s'insinue dans les dépressions, donnant naissance aux golfes profonds de Puget-Théniers, du Lauzet et des Bauges.

Ensuite se produit une *transgression* importante, celle du Priabonien : les massifs hercyniens sont atteints; ceux du Mont-Blanc et de l'Aar arrivent à être recouverts par les eaux.

Lorsque les eaux du Lattorfien (Oligocène inférieur) envahissent l'Europe occidentale, l'axe du géosynclinal alpin se soulève, et la mer est rejetée dans deux sillons latéraux. Elle se

1. Voir, pour ce plateau, la monographie de MM. Douxami et Révil.

localise alors dans les zones externes des Alpes : au S. E., sur le bord de la nappe de Bavière, à l'Ouest, autour du Mercantour et du Pelvoux, et plus au Nord, sur l'emplacement des massifs de l'Aar et du Mont-Blanc. Là se déposent les grés d'Altorf et de Taveyannaz. En dehors du domaine des grès, il n'existe qu'une étroite bande occupée par la mer Oligocène, bande qui s'étend de Castellane au Dévoluy, et de Chambéry à Cluses.

L'histoire du géosynclinal est finie, les grands charriages se déclanchent et les Alpes se forment.

Ce résumé sommaire d'un volume de plus de 600 pages, qu'accompagnent de belles et nombreuses cartes, nous semble suffire pour montrer l'importance de ce travail. La Société géologique de France a été bien inspirée en lui attribuant une de ses plus hautes récompenses.

V. — Monographie géologique de la chaine du Salève

La chaîne de la Haute-Savoie qui a donné lieu au plus grand nombre de recherches géologiques est certainement celle du Salève, chaîne située à proximité de Genève, à la limite du Jura et des Alpes. Etudiée avec soin par d'éminents géologues, parmi lesquels nous pouvons citer Alphonse Favre, Gustave Maillard, Hans Schardt, elle semblait ne plus pouvoir livrer d'observations intéressantes et présenter des solutions définitivement acquises. Il n'en était rien cependant, et une nouvelle monographie, due à MM. Etienne Joukowsky et Jules Favre [1], apporte d'utiles compléments aux travaux antérieurs et quelques interprétations différentes de celles généralement admises.

I. — L'étude stratigraphique a été faite d'une façon détaillée et a été favorisée par la disposition des couches qui, sur une épaisseur de 600 m., présentent une série horizontale d'assises échelonnées de la base du Kiméridgien au Barrémien inférieur (Urgonien des anciens auteurs).

Les résultats les plus nouveaux obtenus par nos confrères ont trait aux couches de passage du Jurassique au Crétacé. Le Portlandien, bien développé, présente la succession suivante : 1° brèche coralligène blanche très fossilifère à *Matheronia Salevensis* n.-sp. ; 2° calcaire récifal à *Diceras speciosum* et Nérinées; 3° brèche oolitique à débris roulés atteignant la grosseur d'un grain de chanvre; 4° banc de micro-brèche zoogène gris-jaunâtre (calcaire moucheté); 5° calcaire oolitique, bien lité et à oolites de couleur variable.

Les affleurements du Purbeckien sont probablement les plus beaux de tout le Jura méridional. Les différentes couches peuvent être groupées ainsi : 1° Couches marines à Foraminifères abondants, dans lesquelles s'intercalent des brèches à cailloux multicolores; 2° Couches d'eau douce contenant surtout des graines et des tiges de *Chara*. — Près du sommet, existent des calcaires assez tendres avec *Planorbis Loryi* Coq., *Physa Waldensis* Coq., *Lioplax inflata* Sand; 3° Brèche à cailloux multicolores, dont le ciment est ordinairement une formation marine à Foraminifères. Une partie de ces cailloux proviennent des bancs sous-jacents; tous sont *d'origine locale*.

Au Salève, l'Infravalanginien repose en concordance sur les dépôts jurassiques. La transgression crétacée est cependant manifeste : les petits grains de quartz, qui font généralement défaut dans le Jurassique supérieur, apparaissent dans les premières assises crétacées. Il est bien peu de couches du Crétacé inférieur qui n'en renferment.

L'Infravalanginien se divise en deux parties : 1° zone à *Heterodiceras luci;* 2° zone à *Natica Leviathan*.

La zone à *Heterodiceras luci* atteint 22 mètres et se subdivise en trois complexes : *Complexe N° 1*, consistant en microbrèches zoogènes où les fossiles sont rares; *Complexe N° 2*, formé de calcaires oolitiques blanchâtres à Foraminifères; *Complexe N° 3*, de brèches zoogènes oolitiques, dont les éléments roulés atteignent le volume d'un pois. Sporadiquement, ce niveau est très fossilifère ; il contient alors la faune des récifs.

La zone à *Natica Leviathan* se distingue par une assise à *Toxaster granosus* directement superposée aux bancs à *Heterodiceras luci;* à celle-ci succèdent des couches gréseuses à empreintes charbonneuses, des assises à *Natica Leviathan*, une couche marneuse à *Terebratula Waldensis* et une couche à *Rhynchonella concinna*.

Les conclusions de nos confrères présentent un vif intérêt et méritent d'être littéralement rapportées : « *Le facies coralligène à Rudistes du Salève, attribué autrefois tout entier au Jurassique, se trouve à deux niveaux très différents, l'un Infra-valanginien caractérisé par* l'Heterodiceras luci, *l'autre Portlandien inférieur avec* Diceras speciosum, Matheronia salevensis et Valletia antiqua, *tous deux séparés par 80 mètres*

1. E. Joukowsky et J. Favre : Monographie géologique et paléontologique du Salève (Haute-Savoie), avec une carte géologique en couleurs, 29 planches et 56 fig. dans le texte. *Mém. Soc. Physique et Hist. nat. de Genève*, t. XXXVII, fasc. 4; 1913.

de couches appartenant au Purbeckien et au Portlandien inférieur[1]. »

II. — Au point de vue structural, la chaîne du Salève est un pliant iclinal allongé surgissant au milieu du synclinal molassique séparant la région jurassienne de la région subalpine. Cet anticlinal est déjeté, parfois divisé et faillé dans sa partie septentrionale, le flanc sud-est étant en pente douce, tandis que le flanc nord-ouest est redressé et même renversé.

Le trait caractéristique de la chaîne est sa division en un certain nombre de tronçons dus à des *décrochements*. Ces décrochements sont au nombre de 7 et ont déterminé 8 tronçons. Il est à noter que les tronçons orientaux ont été poussés vers le NW par rapport aux autres.

Le plus important de ces décrochements est celui du Coin, qui a eu pour effet de pousser de 6 à 700 m. vers le NW le tronçon du Grand et du Petit Salève relativement à celui des Pitons. La dénivellation verticale atteint environ 80 mètres, la lèvre SW s'étant affaissée. La rupture ne s'est pas produite perpendiculairement à la direction de la chaîne, mais suivant une ligne formant 66° avec l'axe du pli. — Une particularité curieuse est que le plan de rupture est rempli par des dépôts de calcite en très gros cristaux. En outre, le plissement est sensiblement différent dans les deux tronçons de l'anticlinal; la dislocation paraît donc antérieure au plissement ou, tout au moins, en être contemporaine.

Nous devons ajouter que les divers tronçons sont affectés de dislocations longitudinales et de dislocations transversales. Les premières sont principalement des failles, les secondes sont des fissures (diaclases) et quelquefois des failles, mais alors de peu d'importance.

1. *Loc. cit.*, p. 33.

Un fait d'un certain intérêt doit encore être mentionné: les failles longitudinales contiennent dans leur plan des brèches à ciment gréseux rouge ou jaune d'ocre et même des grès quartzeux identiques aux dépôts sidérolithiques de la région. Ces dépôts font entièrement défaut dans les dislocations transversales qui sont parfois très voisines des précédentes. Les auteurs en concluent, à juste titre, que les dislocations de la chaîne remontent à deux époques différentes : les cassures longitudinales seraient contemporaines du Sidérolithique ou un peu antérieures, tandis que les plis-failles, les décrochements et les failles transversales dateraient de l'époque des grands plissements alpins, c'est-à-dire de la fin du Tertiaire.

Le tronçonnement de l'anticlinal semble pouvoir être attribué à l'arrivée des nappes de recouvrement dans la région sud-orientale du Salève.

On peut aisément comprendre que le refoulement produit par l'arrivée de la *masse charriée* ait agi différemment sur les diverses parties de la chaîne que nous venons d'étudier. L'effet produit a été d'autant plus fort que les diverses portions de l'anticlinal étaient plus à l'Est. Le pli, soumis à des pressions très inégales, n'a pu que se rompre en tronçons, jusqu'à ce que l'équilibre ait été rétabli.

La monographie que nous venons de résumer contient encore un chapitre de morphologie et un chapitre de paléontologie. Dans ce dernier, dû à M. Jules Favre, sont décrites et figurées quelques espèces nouvelles. Cette partie de l'ouvrage est non moins intéressante; elle mérite d'être signalée aux spécialistes.

J. Révil,
Président de la Société
d'Histoire naturelle de Savoie.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Lecornu (Léon), *Membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines.* — **Cours de Mécanique**, *professé à l'Ecole Polytechnique.* Tome I. — *1 vol. in-8° de VII-536 p. avec 381 fig.* (*Prix* : 18 fr.) *Gauthier-Villars, éditeur, Paris*, 1914.

« Le cours de Mécanique de l'Ecole Polytechnique — écrit l'auteur au début de son avertissement — présente une physionomie particulière. S'adressant à des élèves pourvus d'une sérieuse préparation mathématique et destinés à diverses carrières techniques, il doit, tout en faisant une large place aux théories de la Science pure, tâcher de développer chez eux le sentiment des réalités, et amorcer, en quelque sorte, l'enseignement donné dans les Ecoles d'application. »

Cette observation profondément juste était utile à produire en tête de ce premier volume de l'ouvrage, où l'éminent professeur entreprend d'exposer l'enseignement qu'il donne depuis plusieurs années aux élèves de l'Ecole Polytechnique, avec un succès si grand et si mérité.

C'est qu'en effet les conceptions les plus contradictoires et quelquefois les plus étranges se sont successivement manifestées au sujet de la nature même de la science du mouvement.

Pour certains, c'est uniquement une branche de la Mathématique appliquée, fournissant l'occasion d'employer le calcul à de beaux et difficiles problèmes, ou d'édifier de savantes théories analytiques. Pour d'autres, au pôle opposé, la Mécanique n'a d'intérêt que par ses applications pratiques. La vérité est entre ces appréciations extrêmes.

La science du mouvement, comme toutes les autres, est expérimentale dans ses origines; mieux que toute autre peut-être, elle se prête à l'application de l'appareil mathématique. Prenant pour axiomes les principes essentiels — que les progrès de la Physique moderne semblent ébranler aujourd'hui sur quelques points, — on a édifié peu à peu une science nouvelle à laquelle a été donné le titre regrettable de « Mécanique rationnelle », qui tendrait à faire supposer qu'il peut exister une Mécanique « irrationnelle ». On devrait dire « Mécanique mathématique », comme on dit « Physique mathématique ». On le devrait d'autant mieux qu'en réalité elle n'est qu'une branche de la Physique.

Lorsqu'il s'agit de l'enseignement, et de l'enseignement polytechnique en particulier, la question n'est pas facile à résoudre; il est malaisé de maintenir l'équilibre et de garder la mesure exacte entre les utilitaires forcenés qui se bornent aux applications industrielles immédiates, et les théoriciens à outrance, contemplant la beauté mathématique des moyens, et oubliant le but.

En parcourant l'ouvrage de M. Lecornu, un souvenir bien ancien s'évoquait à mon esprit. Il ne m'en voudra pas de le rappeler. C'est celui des leçons que j'ai reçues de Delaunay, son prédécesseur dans cette même chaire, il y a plus d'un demi-siècle. Nul ne savait mieux concilier la rigueur et la clarté, montrer que la beauté scientifique et l'utilité ne sont point contradictoires, et captiver l'esprit de ses élèves, les entraîner dans le bon chemin du travail et de la raison.

Depuis lors, la science a fait des progrès; des ressources nouvelles s'offrent à nous; les applications se sont multipliées. Mais les principes fondamentaux d'un bon enseignement sont restés les mêmes, et je crois pouvoir répéter qu'en saluant en l'auteur un nouveau Delaunay, je fais de lui l'éloge le plus mérité, en même temps que le plus sincère.

Dans ce premier volume, M. Lecornu a introduit plusieurs chapitres qui ne font pas partie de son enseignement oral, car les matières qu'ils contiennent figurent actuellement dans les programmes d'admission. C'était indispensable pour donner à l'œuvre, dans son ensemble, l'unité qu'elle doit avoir. On y trouve quatre livres : I. *Préliminaires géométriques;* II. *Cinématique;* III. *Statique et Dynamique du point;* IV. *Statique des systèmes.*

Au sujet des grandeurs vectorielles (chapitre Ier du livre I) je me permettrai une légère critique. Suivant l'exemple de la plupart des auteurs français, on n'établit, dans les définitions, aucune différence entre un vecteur et un segment. Or, la distinction est indispensable. Un vecteur reste identique à lui-même quand on le transporte arbitrairement dans l'espace en lui conservant sa grandeur, sa direction et son sens; un segment AB n'est identique à A'B' que si A' coïncide avec A et B' avec B. Il est vrai que dans l'application la distinction s'établit ensuite d'elle-même par la force des choses. Mais pour les commençants, il y a là une source de confusions et de difficultés.

Par contre, je ne saurais assez faire l'éloge des généralités (chapitre Ier, livre III) où l'on trouve un magistral et lumineux exposé des principes de la Dynamique.

Le chapitre II du livre II (Cinématique appliquée aux machines) est aussi un véritable chef-d'œuvre.

Mais nous ne saurions tout citer ni tout analyser. Et nous devons nous borner à ces brèves indications, en exprimant le vœu que l'imprimerie Gauthier-Villars puisse nous donner bientôt les tomes II et III qui doivent compléter l'ouvrage, et qui présenteront, comme celui-ci, une perfection typographique dont l'éloge n'est plus à faire.

C. A. Laisant,
Docteur ès sciences mathématiques.

Bresson (Henri). — **Dictionnaire des principales rivières de France utilisables pour la production de l'énergie électrique.** *Fasc. 1. — 1 broch. in-8° de 70 p. avec 2 cartes.* (*Prix : 3 fr. 25*). *Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris*, 1914.

Frappé des services qu'on pouvait espérer tirer des chutes d'eau qui se rencontrent sur nombre de cours d'eau de France et désireux de travailler à la vulgarisation de cette source de richesses trop délaissée, M. Bresson a songé à dresser un inventaire de tous les cours d'eau français sur lesquels existe une installation de force motrice ayant une puissance d'au moins 10 chevaux. Le présent fascicule donne les résultats de ce travail pour les bassins de la Seine et de la Loire.

2° Sciences physiques

Lyman (Théodore), — *Professeur-adjoint de Physique à l'Université Harvard.* — **The Spectroscopy of the extreme ultraviolet.** — *1 vol. in-8° de* 135 p. *avec 15 fig. de la collection* « Monographs on Physics ». (*Prix cart. : 6 fr. 25*). *Longmans, Green and C°, éditeurs, Londres*, 1914.

La monographie que M. Lyman vient de consacrer à la spectroscopie de l'ultraviolet extrême sera accueillie avec plaisir par tous ceux que ce domaine intéresse. M. Lyman a apporté lui-même une contribution capitale à l'étude de la question, et a étendu considérablement le champ des longueurs d'onde découvertes par Schumann. Substituant systématiquement le réseau concave au prisme de fluorine, il a porté la limite du spectre de l'hydrogène de 1250 à 90 unités d'Angström. Il a de plus,

pour la première fois, donné des mesures précises de longueurs d'onde dans cette région. Enfin il a étudié avec fruit une foule de spectres de gaz, d'arcs ou d'étincelles. On ne sera donc pas étonné de voir jouer à ses travaux le rôle essentiel dans cette monographie. Malgré cela, l'auteur n'oublie pas les contributions plus modestes des autres physiciens, et il sait associer, à la clarté et à l'intérêt de l'exposition, une rare impartialité. L'ouvrage se termine par des tableaux de longueurs d'onde dont quelques-uns étaient difficiles à trouver dans les mémoires originaux et qui seront les bienvenus pour les chercheurs qui s'occupent de ces questions.

Eugène Blochi,
Professeur au Lycée Saint-Louis.

3° Sciences naturelles

Deprat (J.). — I. — **Etude des Fusulinidés de Chine et d'Indo-Chine et classification des calcaires à Fusulines** (2e Mémoire). — **Les Fusulinidés des Calcaires carbonifériens et permiens du Tonkin, du Laos et du Nord-Annam.** — *1 vol. grand in-4° de 74 pages avec 25 figures et 10 planches* — II, 1. — **Note sur les terrains primaires dans le Nord-Annam et dans le Bassin de la Rivière-Noire (Tonkin) et sur la classification des terrains primaires en Indochine.** — 2. **Etude préliminaire des terrains triasiques du Tonkin et du Nord-Annam.** — 3. **Les charriages de la région de la Rivière-Noire sur les feuilles de Thanh-ba et de Van-yên.** — 4. **Les séries stratigraphiques en Indochine et au Yunnan.** — *1 vol. grand in-4° de 81 pages avec 30 fig.*

(*Vol. II, fascicules I et II des Mémoires du Service géologique de l'Indochine*). *Imprimerie d'Extrême-Orient, Hanoï-Haïphong*, 1913.

Mansuy (H.). — III. — **Paléontologie de l'Annam et du Tonkin.** — *1 vol. gr. in-4° de 48 pages avec 1 fig. et 6 planches.*

IV. — **Faunes des Calcaires à *Productus* de l'Indo-Chine**, *1re série. — 1 vol. gr. in-4° de 133 pages avec 12 fig. et 13 planches.*

V. — **Nouvelle contribution à la Paléontologie de l'Indochine : 1. Contribution à l'étude des faunes paléozoïques et triasiques du Tonkin; 2. Faune du Carbonifèrien inférieur du Tran-ninh; 3. Sur la présence du genre *Pomarangina* Diener, du Trias de l'Himalaya, dans le Trias du Tonkin.** — *1 vol. gr. in-4° de 39 pages avec 2 fig. et 5 planches.*

(*Vol. II, fascicules III à V, des Mémoires du Service géologique de l'Indochine*). *Imprimerie d'Extrême-Orient, Hanoï-Haïphong*, 1913.

Dans une précédente analyse relative à l'apparition du premier volume des *Mémoires du Service géologique de l'Indochine*, je soulignais l'importance qu'il convenait d'attacher à cette publication. Le second volume, que les mêmes actifs collaborateurs du Service viennent de publier, me donne l'occasion d'insister à nouveau sur l'intérêt capital qu'il y a, pour les Services compétents de nos gouvernements ou de nos protectorats coloniaux, à mettre ainsi en valeur les recherches scientifiques des savants et des explorateurs français. Les fonds consacrés à de semblables manifestations, si nécessaires, de la Science française, ont été jusqu'à présent ou inexistants ou parcimonieusement mesurés. Le moment semble venu de comprendre enfin que l'indigence des publications scientifiques, et plus particulièrement géologiques, destinées à répandre l'œuvre et l'influence françaises, doit avoir un terme et que chacune de nos colonies doit posséder son *Survey* convenablement doté.

M. J. Deprat nous donne un second Mémoire sur les Fusulinidés. Il s'agit cette fois de nouveaux matériaux fossiles, recueillis, au Laos principalement, par plusieurs collaborateurs du Service géologique et par l'auteur lui-même. La richesse des organismes que M. Deprat a ainsi rassemblés et étudiés en détail lui a permis de décrire plus de 50 espèces, dont 33 espèces ou variétés nouvelles, réparties entre les genres *Fusulina*, *Schwagerina*, *Doliolina*, *Neoschwagerina* et deux genres nouveaux créés par lui : *Neofusulinella* et *Palæofusulina*. La partie descriptive du Mémoire, accompagnée de dessins très soignés, est suivie d'intéressantes considérations sur la distribution stratigraphique des espèces de Fusulines actuellement connues de la Chine méridionale et de l'Indochine et de quelques notions nouvelles sur l'évolution des Fusulinidés.

Les études géologiques qui composent le fascicule II sont du même auteur. Les résultats acquis maintenant sur les terrains de l'Indochine et du Yunnan sont résumés dans deux notes consacrées, la première aux dépôts primaires de l'Indochine, la seconde aux séries stratigraphiques dans les deux pays. L'auteur indique l'ensemble des données recueillies sur les divers horizons reconnus, sur leurs faunes et sur les variations de faciès.

M. Deprat consacre en outre une vingtaine de pages à une étude préliminaire des terrains triasiques qu'il a explorés en Annam et au Tonkin, dans le Bassin de la Rivière-Noire. Le Trias moyen et le Trias supérieur lui ont fourni de beaux niveaux fossilifères, qui ont permis de préciser l'importance des divers termes de la série et les affinités de certains horizons avec le Trias himalayen.

Ce fascicule contient enfin une note sur les charriages dans la région de la Rivière-Noire située à l'Ouest d'Hanoï. Des faits énoncés par M. Deprat, il résulterait que le Trias de cette partie du Tonkin est laminé et écrasé sous une nappe de terrains paléozoïques formée d'Ordovicien, de Gothlandien et de Dévonien, avec intercalation d'une lame de Dinantien ou de gabbros et de péridotites mylonitisés.

Les études paléontologiques qui composent les fascicules III, IV et V et qui sont dues à M. H. Mansuy sont faites, comme les travaux antérieurs du même auteur, avec beaucoup de conscience et de soin. Les fossiles décrits dans le premier de ces Mémoires se répartissent depuis l'étage Ordovicien jusqu'au système triasique inclusivement. Une mention particulière doit être faite des espèces de Céphalopodes du Trias supérieur de Phu-yen, dont deux des plus caractéristiques ont les plus étroites affinités avec des formes d'Ammonoïdés du Trias supérieur de Sicile.

Le second mémoire de M. Mansuy — le plus important des trois — est consacré à la description des faunes des Calcaires à *Productus* du Laos, du Tonkin et du Cambodge. Ce sont les récoltes faites dans les assises permo-carbonifères de ces contrées par MM. Lantenois, Deprat, Dussault, Magnin et Roux qui ont alimenté les recherches paléontologiques de M. Mansuy. Il résulte de cette étude, qui a porté sur un grand nombre d'espèces de Brachiopodes, que la faune des Calcaires à *Productus* indochinois montre des affinités plus marquées avec celle des couches synchroniques de l'Oural et du Timan qu'avec les faunes de l'Himalaya et de la Salt Range.

Il convient de signaler, dans le fascicule V, la description de quelques Lamellibranches dévoniens des schistes de Muong-thé, rapportés, d'après l'auteur, à des espèces étroitement apparentées, voire identiques, à des formes caractéristiques du Dévonien moyen et supérieur des Etats-Unis.

Ces différents mémoires sont, comme les précédents, accompagnés d'abondantes planches en phototypie exécutées à Paris par M. Louis Mémin, d'après les clichés des auteurs et du personnel du Service.

Antonin Lanquine,
Préparateur de Géologie à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 26 Avril 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Bigourdan** : *Sur la scintillation; comparaison avec les ondulations des images instrumentales célestes.* L'auteur montre qu'on manque encore aujourd'hui d'une bonne théorie de la scintillation et qu'on ignore son siège réel. Les meilleures observations sont celles de Ch. Dufour, faites à l'œil nu et qui l'ont conduit aux lois qui portent son nom, vérifiées par Montigny. La scintillation a sans doute une proche parenté avec les ondulations instrumentales des images célestes, mais, pour comparer utilement les deux phénomènes, on manque encore d'observations relativement à ces dernières. — M. **A. Perot** : *Variation de la longueur d'onde des raies telluriques avec la hauteur du Soleil.* L'auteur a recherché si les centres absorbants qui, situés dans l'atmosphère terrestre, produisent les raies telluriques dans le spectre de la lumière solaire, sont animés de certains mouvements dirigés. Dans l'affirmative, la longueur d'onde des raies d'un groupe (le groupe B de l'oxygène par exemple) sera altérée pour un observateur placé à la surface de la Terre; si la vitesse est dirigée suivant le rayon terrestre, l'altération dépendra de la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon et la longueur d'onde variera avec l'heure à laquelle elle sera mesurée. Des mesures faites avec un spectroscope interférentiel à l'Observatoire de Meudon en juin 1914 ont montré que la longueur d'onde des raies du groupe B croît du matin à midi pour décroître de midi au soir; les centres absorbant qui produisent le groupe B s'éloignaient donc de la Terre en cet endroit et avec une vitesse voisine de 3 kilomètres par seconde.

2° Sciences physiques. — M. **L. Bouchet** : *Tensions électriques agissant à la surface d'une nappe isolante liquide.* L'auteur a constaté que, si un liquide isolant est répandu sur l'une des armatures d'un condensateur plan et séparé de l'autre armature par un intervalle d'air, la nappe liquide, pour une tension donnée maintenue constante entre les armatures, est soumise à des forces électriques qui, dans des conditions données, peuvent déformer le liquide d'une façon appréciable. Les déplacements observés sont très rapides et non suivis d'effet lent pour l'eau et le mercure, liquides conducteurs; ils sont, au contraire, suivis d'effet lent pour les liquides isolants. La dépression instantanée est donnée par la formule $\frac{H^2}{8n} K(K-1)$, où H est la valeur du champ à l'intérieur du liquide et K la constante diélectrique vraie du milieu. — MM. **A. Haller** et **Ed. Bauer** : *Action de l'amidure de sodium sur les allyldialcoylacétophénones.* II. Les auteurs montrent que l'allylméthyléthylacétophénone et l'allyldiéthylacétophénone se comportent comme leur homologue inférieur, l'allyldiméthylacétophénone, dans la condensation avec l'amidure de sodium et fournissent la première de la 3 : 5-diméthyl-3-éthylpyrrolidone-2, F. 82°, la seconde de la 3 : 3-diéthyl-5-méthylpyrrolidone-2, F. 49°-50°. La réaction est donc générale.

3° Sciences naturelles. — M. **J. Amar** : *Principes de rééducation professionnelle.* L'auteur montre que la rééducation des mouvements professionnels chez les blessés et mutilés de la guerre doit être entreprise au double point de vue physiologique et mécanique. Déterminer l'état général de l'organisme (cœur, poumons, sens), celui des articulations et des muscles et la liberté des mouvements, apprécier les forces physiques disponibles et avoir égard aux forces morales, conditionner le travail d'après ces données fondamentales et indispensables tout en tirant le meilleur parti de l'instrumentation prothétique, tels doivent être les principes de la méthode à suivre. La rééducation est fonctionnelle et professionnelle, et la seconde de ces deux périodes prolonge et achève l'autre. — M. **M. de Sélys-Longchamps** : *Autotomie et régénération des viscères chez* Polycarpa tenera *Lacaze et Delage.* Au laboratoire de Roscoff, l'auteur a observé, chez une Ascidie simple, le *Polycarpa tenera*, un phénomène d'éviscération autotomique analogue à celui qui est bien connu chez les Holothuries. Les individus se contractent fortement, rentrent leurs siphons et expulsent par le siphon cloacal la branchie rattachée au tube digestif et de nombreuses glandes sexuelles. Il se produit une régénération complète des organes autotomisés. L'organisme étant essentiellement réduit à la paroi du corps, la reconstitution de la branchie et du tube digestif résulte de la formation de replis de l'épithélium péribranchial, tandis que les glandes sexuelles se développent aux dépens d'ébauches embryonnaires qui préexistaient dans l'épaisseur de la paroi du corps. — M. **L. Sémichon** : *Sur l'emploi de la chaleur pour combattre les Insectes et les Cryptogames parasites des plantes cultivées.* L'eau chaude, entre 55° et 65°, versée copieusement avec un pulvérisateur, amène la mort des chenilles de la Pyrale de la vigne, sans que la plante en souffre. A la même température, elle détruit également les chenilles de la Cochylis et de l'Eudémis lorsqu'elles viennent de sortir de l'œuf, ou provoque l'avortement des œufs. Elle détruit encore les cryptogames à mycélium superficiel : oïdium, et les fructifications externes : conidies du mildiou. La chaleur (55° à 65°) donne une très grande mouillabilité et une grande adhérence aux solutions de verdet et aux bouillies cupriques. — M. **A. Laveran** : *Sur les variétés acentrosomiques artificielles des Trypanosomes.* L'auteur a constaté que, chez des souris infectées par le *Trypanosoma Evansi* ou le *Tr. Brucei*, et traitées par l'oxazine ou le tryposafrol, les centrosomes ont disparu complètement au bout de 15 à 20 passages, et cette modification s'est maintenue par hérédité aux passages suivants (dans un cas jusqu'au 450e) chez des souris non traitées. Les variétés acentrosomiques de trypanosomes ont une virulence un peu amoindrie. Si l'on veut inoculer préventivement de surra ou de nagana des animaux qui, comme les Caprins et les Bovidés, résistent assez bien à ces infections, et acquièrent l'immunité à la suite d'une première atteinte, il y aurait avantage à se servir du *Tr. Evansi* ou du *Tr. Brucei* acentrosomiques.

Séance du 3 Mai 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Bigourdan** : *Comparaison de la scintillation et des ondulations instrumentales des images célestes sous diverses influences.* L'auteur étudie, d'après les observations de divers savants, comment se comportent la scintillation et les ondulations instrumentales des images célestes sous certaines influences : perturbations magnétiques, dépressions barométriques, voisinage des nuages, variation de l'azimut, crépuscule. D'une façon générale, les deux phénomènes présentent un véritable parallélisme. Beaucoup de questions restent cependant à élucider dans cette comparaison, parce que les observations manquent. Aussi l'auteur recommande aux observateurs, particulièrement à ceux qui mesurent des étoiles doubles, de noter aussi la valeur de la scintillation.

2° Sciences physiques. — M. **E. Vaillant** : *Sur les lois d'écoulement par gouttes par les orifices capillaires.* A mesure que la fréquence des chutes augmente, le

poids des gouttes passe par un maximum, décroît ensuite très vite, en subissant pour certaines valeurs critiques de fréquence de brusques augmentations. 1° Le produit du diamètre intérieur d par l'intervalle de chute T correspondant au premier maximum est un nombre constant A ou un multiple simple de ce nombre. Depuis la fréquence 0 jusqu'à celle qui correspond au premier maximum, le poids varie à peu près linéairement avec la fréquence. La droite ainsi définie détermine par extrapolation le poids P_∞ correspondant à la fréquence nulle. Cela posé : 2° Le quotient par le diamètre intérieur d de l'augmentation de poids $S = P_m - P_\infty$ de la goutte depuis l'origine jusqu'au premier maximum est un nombre constant B, ou un multiple simple de ce nombre. 3° Le quotient du poids origine P_∞ par le diamètre extérieur D est un nombre constant C, différent de B. 4° Lors d'une augmentation brusque du poids de la goutte, le quotient de cette augmentation de poids par le diamètre intérieur est égal au nombre B ou à un multiple simple de B. — M. **L. Bloch** : *Résonance optique dans le champ magnétique.* Loin de la résonance, la diffusion de la lumière n'est pas modifiée sensiblement par le champ magnétique. A la résonance exacte, le phénomène de Zeeman se traduit par un dédoublement sensible des raies de résonance, accompagné d'une variation d'intensité trop faible pour être accessible à l'expérience. — M. **A. Leduc** : *Sur la détermination du rapport γ par l'intermédiaire de la vitesse du son.* L'auteur a déterminé la valeur de γ pour un certain nombre de vapeurs au moyen de la vitesse du son, mais n'a guère obtenu de résultats convenables. Cela peut tenir en grande partie à la difficulté d'opérer sur des vapeurs pures ; l'erreur relative sur γ comprend d'ailleurs le double de l'erreur sur V. Il serait donc très désirable, afin de combler cette lacune, de développer la méthode thermodynamique des cycles fondée par l'auteur il y a 2 ans. — M. **Max. Ménard** : *Localisation radioscopique des corps étrangers par la méthode de Hirtz.* La localisation des projectiles par la méthode de Hirtz n'a été effectuée jusqu'à ce jour qu'en utilisant la radiographie. De nombreuses installations radiologiques, ne disposant pas de plaques sensibles, ne peuvent faire bénéficier les blessés de la précision de la méthode de Hirtz. L'auteur montre qu'il est possible de remplacer la plaque photographique par l'écran fluorescent. Le matériel est le même que celui des opérations radiologiques ordinaires; la table d'examen doit être transparente aux rayons X. On fait deux radioscopies en déplaçant l'ampoule d'une quantité connue et on marque sur le verre protecteur de l'écran la silhouette de chacune des pointes du compas et celle du corps étranger. On procède ensuite à l'exécution de l'épure qui permet le réglage du compas.

3° Sciences naturelles. — M. **P. Delbet** : *Appareil prothétique à mouvements coordonnés pour amputés de cuisse.* Cet appareil se compose de trois segments articulés, d'une bielle et d'un ressort. Les segments représentent la cuisse, la jambe et le pied. L'amputé, par la contraction des muscles de son moignon, projette l'appareil en avant. Celui-ci prend contact avec le sol par l'extrémité postérieure, calcanéenne de la semelle plantaire. Sous l'influence de la pression, la semelle tourne autour de l'articulation qui la joint à la tige représentant le tibia. Des deux angles qu'elle fait avec cette tige, le postérieur se ferme, l'antérieur s'ouvre. C'est l'inverse qui se produit quand le centre de gravité du corps a passé en avant de l'appareil, parce que l'appui se fait alors sur la partie antérieure de la semelle plantaire. Ces mouvements de pédale se font avec une grande énergie, qu'on utilise au moyen d'une bielle. Cette bielle, antérieure et parallèle à la tige qui représente le tibia, étant articulée en bas avec la semelle plantaire, en haut avec un levier lié aux tiges qui représentent le fémur, produit dans l'articulation correspondant au genou des mouvements alternatifs de flexion et d'extension, qui se feront pendant la marche aux mêmes moments que ceux d'un membre véritable. Grâce à cette flexion automatique du genou, le centre de gravité du corps n'a n'a pas besoin de s'élever autant pour dépasser la verticale du point d'appui du membre artificiel, et le sautillement est évité. — M. **A. Coupin** : *De l'action morphogénique de la sursalure sur les Bactéries marines.* La sursalure agit surtout sur les *Bacillus* en entravant leur désarticulation, en accroissant leur longueur, en augmentant beaucoup leurs formes filamenteuses et en les transformant parfois en vrais spirilles. Dans tous les cas, il y a un retard marqué dans le développement, et il n'est pas impossible qu'il y ait, entre ce fait et les modifications morphologiques, un rapport de cause à effet.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 27 Avril 1915

MM. **Lannois** et **Patel** : *De l'oblitération du sinus latéral, comme moyen d'hémostase, dans les blessures intéressant les gros vaisseaux de la partie supérieure du cou, à la base du crâne.* L'oblitération du sinus latéral constitue, dans les plaies de la région cervicale supérieure, au voisinage de la base du crâne, en même temps que les ligatures artérielles nécessaires, une méthode prudente lorsque les vaisseaux sont intéressés par le projectile. Elle met à l'abri d'hémorragies veineuses, immédiates ou tardives, toujours à craindre et toujours très graves. Elle permet l'extraction des corps étrangers situés à la base du crâne, dans la zone vasculaire. Elle vient compléter, avec la ligature de la carotide primitive, le traitement des anévrismes artérioso-veineux, haut placés, inaccessibles directement, de la carotide interne et de la veine jugulaire interne.

Séance du 4 Mai 1915

M. le Président annonce le décès de M. **Thoinot**, membre de l'Académie.

M. **G. Barrier** : *Les viols et la télégonie.* D'après l'hypothèse de la télégonie ou de l'hérédité par influence, la première fécondation imprégnerait l'ensemble de la descendance de la mère des caractères du premier mari. L'auteur montre que cette hypothèse ne repose sur aucun fondement scientifique : elle est en contradiction avec ce que nous connaissons aujourd'hui des phénomènes intimes de la fécondation, de l'hérédité, de l'infection et de l'immunité; elle n'a pu être confirmée par l'expérimentation; enfin les faits qu'on y rattache et qui ne relèvent pas de la superfécondation et de l'atavisme sont incomplètement recueillis ou privés de bases irréfutables. Cette conclusion doit rassurer les malheureuses victimes des violences de la soldatesque ennemie, qu'on donne à tort comme frappées d'un indélébile stigmate héréditaire. MM. **V. Gallipe, Gaucher** et **A. Pinard** s'associent pleinement à ces conclusions. — M. **M. de Fleury** : *Le traitement des plaies infectées par le sérum spécifique de Vallée-Leclainche.* L'auteur a fait, chez douze blessés de guerre, l'essai méthodique et prolongé du sérum polyvalent de Vallée-Leclainche. Le sérum a été employé soit en pansements à plat (plaies superficielles), soit à l'aide de mèches imbibées, enfoncées à la sonde cannelée dans les anfractuosités des plaies profondes ou les trajets fistuleux. Bien entendu, aucun antiseptique n'était utilisé concurremment; l'auteur se contentait, avant l'application du sérum, d'un lavage soigneux des plaies à l'eau de mer ramenée à l'isotonie et bouillie. Les résultats obtenus ont toujours été extrêmement nets : abaissement immédiat de la température, cessation des douleurs, modification très nette des surfaces, bourgeonnement rapide et franc, suppression à peu près complète de la suppuration, cicatrisation évoluant avec une promptitude et une correction singulière. Ce traitement paraît appelé à prendre une grande extension.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 16 Avril 1915

M. **Marcel Brillouin** : *La théorie du rayonnement et les chaleurs spécifiques des solides.* 1. Les propriétés réversibles d'un solide isotrope sont complètement représentées à l'aide de son énergie libre :

$$\text{(I)} \qquad \mathcal{L} = \mathcal{L}_0(V,\Theta) + \frac{1}{2}\mathcal{L}_2(V,\Theta)(D_1^2 + D_2^2 + D_3^2),$$

qui ne contient, outre les trois petites dilatations principales D_1, D_2, D_3, que deux fonctions du volume spécifique V et de la température Θ. L'équation d'état isotrope s'obtient en dérivant par rapport à V ; l'entropie en dérivant par rapport à Θ ; la rigidité est définie par $\mathcal{L}_2$. C'est tout ce qu'apprend la Thermodynamique générale. 2. Pour restreindre les recherches expérimentales nécessaires pour chaque corps particulier, on a cherché depuis longtemps à connaître quelques propriétés générales des fonctions $\mathcal{L}_0$, $\mathcal{L}_2$. Cela paraît beaucoup plus difficile pour les solides que pour les fluides. En particulier, on a essayé d'adapter aux solides la relation fournie par la théorie cinétique des gaz entre l'agitation moléculaire et la température absolue. Ces essais conduisent à des propriétés en désaccord avec l'expérience aux basses températures. **Dans les solides la température absolue n'est pas proportionnelle à la force vive d'une liberte moléculaire, et elle dépend en outre du volume spécifique.** 3. Pour obtenir des résultats conformes à l'expérience, il faut revenir à la définition la plus générale de la température absolue, par l'équilibre de rayonnement dans une enceinte à température uniforme et constante, et abandonner la définition empruntée à une catégorie particulière de corps, les gaz. C'est ce qui est devenu numériquement possible depuis que Planck, en 1901, par des raisonnements d'ailleurs étranges, a découvert une loi de distribution de l'énergie dans le spectre d'un corps noir, qui s'est montrée jusqu'à présent entièrement conforme à l'expérience. La première application de ce genre a été indiquée par Einstein, en 1907, sous une forme qui introduit beaucoup trop directement et inutilement d'après l'auteur la notion étrange de quantum de Planck. Le raisonnement sommaire d'Einstein a été perfectionné principalement par Debye, en conservant le même point de départ. 4. M. Brillouin a montré en 1914 qu'on peut remplacer ces postulats et ces raisonnements peu satisfaisants par une généralisation immédiate des lois classiques du rayonnement, et par des raisonnements du caractère le plus classique, tout en poussant notablement plus loin les approximations. 5. On sait depuis un demi-siècle que le produit $\omega^2 I$ du carré de la vitesse ω de la lumière par l'intensité I se conserve en passant d'un milieu dans un autre. On sait aussi que, dans l'enceinte en équilibre thermique, la densité du rayonnement est $4\pi I/\omega$ pour chacune des ondes polarisées simples, et, pour les deux qui constituent la lumière naturelle circulant dans l'enceinte, $8\pi I/\omega = U$. Il en résulte, comme on sait, que, dans cette enceinte, la densité du rayonnement est

$$U \quad \frac{8\pi}{\omega^3}\mathcal{F}(\nu,\Theta)$$

pour la fréquence ν à la température Θ, en désignant par $\mathcal{F}$ une fonction universelle. Ceci se rapporte à des milieux isotropes dont chacun peut propager des ondes transversales pures, c'est-à-dire des ondes à deux libertés, dont la vitesse de propagation est donnée par une équation bicarrée dont (ω^2) est racine double. Généralisant ce résultat, on obtient l'énoncé suivant : « Lorsque des ondes de différents types, en nombre quelconque, peuvent se propager dans un corps avec la même fréquence, ν, la densité d'énergie que prend chacun des types est donnée par la formule :

$$U\,d\nu = \frac{4\pi}{\omega^3}\mathcal{F}(\nu,\Theta)\,d\nu,$$

où ω est la vitesse de propagation particulière à ce type. » 6. Dans un solide l'énergie de fréquence ν par unité de volume est alors :

$$U_1 = 4\pi\mathcal{F}(\nu,\Theta)\sum\left(\frac{1}{\omega^3}\right),$$

qui se réduit pour les corps isotropes monoatomiques à

$$U_1 = 4\pi\mathcal{F}(\nu,\Theta)\left[\frac{1}{\omega'^3} + \frac{2}{\omega''^3}\right],$$

en appelant ω' la vitesse des ondes longitudinales (une liberté) et ω'' celle des ondes transversales (deux libertés). Dans tout le domaine des ondes possibles dans le solide :

$$\text{(II)} \qquad E = 4\pi\left[\int_0^{\nu'_m}\frac{\mathcal{F}(\nu,\Theta)\,d\nu}{\omega'^3} + 2\int_0^{\nu''_m}\frac{\mathcal{F}(\nu,\Theta)}{\omega''^3}\,d\nu\right];$$

la limite supérieure des intégrales est finie, et différente ν'_m, ν''_m, parce que la structure moléculaire limite la petitesse des longueurs d'onde qui peuvent exister dans le solide. Les seuls termes importants sont ceux dont les dénominateurs ω'^3, ω''^3 sont petits, c'est-à-dire ceux qui correspondent aux ondes propagées par la matière. La formule (I) est une approximation qui, comme l'a montré Debye, suffit quand on y introduit la loi de Planck pour représenter *exactement* l'extraordinaire variation des chaleurs spécifiques des solides au voisinage de 90° absolus. 7. M. Brillouin a réussi à obtenir une deuxième approximation par des raisonnements très simples et du caractère le plus classique, qu'il serait beaucoup trop long d'indiquer ici. Le potentiel thermodynamique d'un solide isotrope monoatomique, par unité de volume, se réduit alors essentiellement à

$$\begin{aligned}\text{(III)} \qquad \mathcal{L} = \mathcal{L}_0(V) &- \frac{\Theta}{\omega'^3}\int_0^\Theta\frac{\mathcal{V}_1\,d\Theta}{\Theta^2} - \frac{2\Theta}{\omega''^3}\int_0^\Theta\frac{\mathcal{V}_2\,d\Theta}{\Theta^2}\\ &+ V\frac{\mathcal{L}_{11}+\mathcal{L}_2}{2}\frac{\mathcal{V}_1}{\omega'^3} + V\frac{\mathcal{L}_2}{2}\frac{\mathcal{V}_2}{\omega''^3}\\ &+ (D_1^2+D_2^2+D_3^2)\left[\mu + V\frac{\mu_{11}+\mu_2}{2}\frac{\mathcal{V}_1}{\omega'^3} + V\frac{\mu_2}{2}\frac{\mathcal{V}_2}{\omega''^3}\right]\end{aligned}$$

avec

$$\mathcal{V}_1 = 4\pi\int_0^{\nu'_m}\mathcal{F}(\nu,\Theta)\,d\nu, \qquad \mathcal{V}_2 = 4\pi\int_0^{\nu''_m}\mathcal{F}(\nu,\Theta)\,d\nu,$$

et

$$3\mathcal{L}_{11} + \mathcal{L}_2 = 3V^2\frac{\partial^2\mathcal{L}}{\partial V_2} + 2V\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial V},$$

$$3\mu_{11} + \mu_2 = 3V^2\frac{\partial^2\mu}{\partial V^2} + 2V\frac{\partial\mu}{\partial V}.$$

Ce potentiel ne contient plus, — outre la loi universelle du rayonnement noir, — que quatre fonctions DU VOLUME SEUL $\mathcal{L}_0$, $\mathcal{L}_2$, μ, μ_2, *qui suffisent à déterminer les autres fonctions* μ_{11}, ω', ω'', ν'_m, ν''_m, au lieu de deux fonctions du volume et de la température absolue que contenait l'expression initiale (I). 8. Telle est la simplification apportée par l'introduction de l'hypothèse moléculaire et de la définition de la température absolue par le rayonnement. Cette définition plus complexe, substituée à celle que suggérait la théorie des gaz, a donné jusqu'ici des résultats numériques exactement conformes aux résultats expérimentaux les plus inattendus dans toute l'échelle des températures. L'auteur insiste en terminant sur ce qui fait l'originalité de son travail ; c'est qu'il a réussi à éliminer des raisonnements toutes les considérations physico-chimiques, ou statistiques, qui paraissent inquiétantes, et à se servir uniquement de la loi expérimentale du rayonnement noir, sans se servir à aucun moment de la notion de quantum. Il y a donc tout lieu d'espérer que le potentiel ainsi obtenu répondra à tous les faits, sinon sous la forme simple écrite ici (III), au moins sous la forme complète donnée dans le Mémoire qui va paraître au *Journal de Physique*.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 25 Mars 1915

M. **H. Onslow** : *Contribution à nos connaissances sur la chimie de la coloration de la peau chez les animaux et sur le blanc dominant et récessif.* Ces recherches ont été entreprises dans le but de découvrir une méthode chimique pour différencier les deux formes semblables d'animaux blancs connues sous les noms de « blancs dominants » et de « blancs récessifs » ou albinos. On n'a pu le faire jusqu'à présent qu'en observant leur comportement génétique. On suppose que les pigments animaux noirs sont le résultat de l'oxydation d'un chromogène incolore par une oxydase. Les peaux des lapins noirs jeunes fournissent une tyrosinase qui transforme la tyrosine en mélanine. Au moyen de cette tyrosinase, il est possible d'essayer les extraits de lapins blancs des deux types. Les extraits des blancs dominants renferment une antioxydase qui inhibe la tyrosinase des extraits de lapins noirs; les extraits d'albinos, par contre, n'ont pas d'influence inhibitrice et sont eux-mêmes incapables de produire aucun pigment. On trouve également l'antioxydase dans les parties blanches des lapins qui sont dominantes pour la couleur, telles que les ventres blancs du lapin sauvage et du lapin jaune agouti. Ces résultats tendent à confirmer l'idée mendélienne que le blanc dominant est causé par un facteur qui inhibe le mécanisme producteur de pigment s'il est présent, et que l'albinisme résulte de l'absence partielle ou totale des facteurs nécessaires pour le développement du pigment. Les expériences révèlent aussi des faits qui suggèrent l'idée que la différence entre les pigments produisant les poils noirs, chocolat et jaunes est quantitative plutôt que qualitative, car, après extraction, les pigments de ces trois couleurs paraissent identiques. L'idée que la variation de couleur est une modification structurale est supportée par le fait que les couleurs diluées, comme le bleu, sont causées par un manque de pigments dans le cortex. Dans les couleurs intenses correspondantes, comme le noir, le pigment étant présent dans le cortex, la lumière blanche réfléchie par les vacuoles est absorbée, et la coloration devient ainsi plus foncée.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section de New-York

Séance du 19 Mars 1915

M. **J. G. Smull** : *Les causes de l'opalescence du verre.* L'auteur arrive à la conclusion que l'opacité est le résultat de la séparation de silice ou d'alumine, ou des deux, sous forme très finement divisée, probablement colloïdale, dans le verre. La meilleure condition pour cette séparation est un verre à bas point de fusion, c'est-à-dire contenant du plomb, où la silice et l'alumine restent en suspension pendant quelque temps avant d'entrer en solution. La séparation de la silice et de l'alumine est effectuée par: *a*) l'emploi de silicates, comme le feldspath, en relation avec un fluorure; *b*) un fluorure double, comme la cryolite, avec ou sans feldspath; *c*) des silicofluorures, avec ou sans feldspath; *d*) la fusion des principaux ingrédients d'un verre, avec addition subséquente d'un fluorure ou d'autres substances à la portion fondue. Il y a une autre explication probable de la production de l'opacité, dérivant de la considération des propriétés réfringentes du verre par rapport à celles des oxydes qui paraissent produire l'opacité. Si l'alumine ou la silice ou un autre oxyde est tenu en suspension très fine dans le verre, on peut le considérer de la même façon qu'un pigment et un véhicule au point de vue du pouvoir couvrant. Dans le cas d'un pigment, on obtient un bon pouvoir couvrant quand l'indice de réfraction du pigment est matériellement différent de l'indice de réfraction de l'huile, tandis que, lorsque les indices du pigment et de l'huile sont les mêmes, le pouvoir couvrant est pratiquement nul. De la même façon, le verre opalin peut être considéré comme formé d'un milieu verre (correspondant au véhicule) et de particules suspendues très fines (correspondant au pigment). Si l'indice de réfraction du milieu verre est matériellement différent de celui des particules suspendues, il se produit un bon effet opalescent; mais, si les indices de réfraction respectifs sont très proches, le verre est transparent. Le verre ordinaire a un indice de réfraction égal à 1,55, la silice à 1,44, l'alumine à 1,76, l'oxyde stannique à 2; dans des conditions convenables, on peut donc produire l'opacité ou l'opalescence par la suspension d'alumine, silice, oxyde stannique, etc., dans le verre.

Section de Londres

Séance du 5 Avril 1915

MM. **A. J. Hale** et **H. S. Foster** : *Action de solutions diluées d'acides, d'alcalis et de sels sur certains métaux.* Les auteurs arrivent aux résultats suivants: 1° HCl dilué froid agit beaucoup plus sur le cuivre que l'acide sulfurique ou nitrique; ces deux derniers l'attaquent à peu près au même degré. 2° L'aluminium est lentement attaqué par l'acide nitrique et l'acide sulfurique dilués. 3° Le plomb est plus rapidement attaqué par HCl que par l'acide sulfurique, l'action de ce dernier étant négligeable. 4° L'étain est soluble dans la soude caustique et la solution de carbonate de sodium, mais non dans l'ammoniaque.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 21 Septembre 1914

1° Sciences physiques. — M. **H. A. Lorentz** : *Remarques sur la théorie des gaz monoatomiques.* L'application de la théorie des quanta au gaz, en particulier aux gaz monoatomiques, a conduit à une expression de l'entropie de ces gaz. Cette expression contient un coefficient numérique, qui correspond à ce que Nernst appelle la constante chimique du gaz. Cette constante peut être déterminée en partant des données relatives aux tensions de la vapeur saturante, par exemple dans le cas du mercure. Le fait qu'en appliquant la théorie des quanta on obtient une valeur du même ordre, s'il n'est pas tout à fait accidentel, prouve qu'effectivement les considérations de la théorie des quanta sont applicables au phénomène de l'évaporation. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de Mme **H. Ehrenfest-Afanassjewa** : *Contribution à la théorie des états correspondants.* En 1893, Meslin a tâché de démontrer que toute équation caractéristique, qui contient autant de constantes spécifiques que de variables, peut être réduite à une forme universelle, sans paramètres spécifiques, en remplaçant les variables par leurs rapports à des valeurs particulières, convenablement choisies, qu'on peut appeler « correspondantes » pour diverses substances. L'auteur est d'avis que cette égalité du nombre des paramètres et des variables n'est ni nécessaire, ni suffisante. Elle indique une méthode permettant de décider si une équation donnée est compatible avec l'existence d'états correspondants. — MM. H. A. Lorentz et H. Haga présentent un travail de MM. **L. S. Ornstein** et **F. Zernike** : *Les écarts de densité fortuits et l'opalescence au point critique d'une substance simple.* Les considérations de Smoluchowski, Einstein et Ornstein sur les écarts fortuits de densité dans les substances pures et dans les mélanges ne sont pas applicables sans restriction jusqu'au point critique. Une correction est nécessaire. Ces considérations sont applicables à l'opalescence critique; elle conduisent à une formule, dont l'exactitude a été soumise au contrôle expérimental par M. Zernike. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de **M. L. S. Ornstein** : *Sur la théorie du galvanomètre à*

corde d'Einthoven. Remarques relatives aux considérations de M. A. C. Crehore, sur le mouvement de la corde du galvanomètre. — MM. **H. Kamerlingh Onnes** et **G. Holst** : *Nouvelles expériences avec l'hélium liquide. M. Détermination préliminaire de la chaleur spécifique et de la conductibilité calorifique du mercure aux températures accessibles avec l'hélium liquide, et quelques mesures de thermoélectricité et de résistance utiles pour ces recherches.* Conformément aux théories de Nernst et Keesom, la thermoélectricité s'approche de zéro aux températures de l'hélium liquide. Les thermoéléments ne conviennent donc pas comme thermomètres aux basses températures. Par contre, le constantan et la manganine conviennent fort bien pour la construction de thermomètres à résistance. La chaleur spécifique, à pression constante, du mercure peut être représentée par la formule de Debye $c = C\,T^3$, avec $C = 0{,}0000110$. La conductibilité calorifique du mercure est $k = 0{,}27$ cal/cm. sec. à 4°,8 K et 0,40 à 3°,8; la discontinuité qui à 4°,19 K. existe pour la conductibilité électrique ne se retrouve donc pas dans la conductibilité calorifique. — MM. **Ernst Cohen** et **W. D. Helderman** : *L'allotropie du cadmium.* IV. Etude des propriétés électromotrices de la variété β. Comme le point de transition du cadmium α au cadmium β est environ 60°, il faut que vers cette température une pile de concentration, dont les électrodes sont constituées par ces deux variétés, ait une force électromotrice nulle; c'est ce que l'expérience vérifie. — MM. **Ernst Cohen** et **W. D. Helderman** : *L'allotropie du zinc.* III. Critique des recherches de MM. Benedicks et Arpi. — MM. **Ernst Cohen** et **J. C. van den Bosch** : *L'allotropie de l'antimoine.* I. On connaît de ce métal les modifications suivantes: l'antimoine dit métallique, l'antimoine noir, l'antimoine jaune et l'antimoine explosif. Les auteurs se proposent de faire l'étude des rapports entre ces modifications. Des mesures dilatométriques leur ont appris que l'antimoine métallique est métastable dans les conditions ordinaires. — MM. J. D. van der Waals et A. F. Holleman présentent les trois travaux suivants de M. **A. Smits** : *Le prolongement métastable de la série de cristaux mixtes formés par des pseudo-composants et ses rapports avec le phénomène de l'allotropie.* II. L'auteur conclut à la possibilité d'une énantiotropie sous haute pression, alors même que la monotropie n'existe pas sous la pression de la vapeur. *Sur les courbes de tension de vapeur du système phosphoré.* II (en collaboration avec M. **S. C. Bokhorst**). Nouvelles recherches établissant qu'entre le phosphore rouge et le phosphore violet il n'y a pas de point de transition; il n'y qu'une modification solide stable, violette en gros cristaux, rouge en poudre. *L'application de la théorie de l'allotropie aux équilibres de forces électromotrices.* III (en collaboration avec M. **A. H. W. Aten**). Etude électrique du phénomène de la passivité, réfutant encore une fois la théorie de Faraday et prouvant que le phénomène a son siège dans le métal même; il résulte d'un retard dans la transformation des ions à la surface du métal. Toutes les expériences connues s'expliquent aisément en appliquant la théorie de l'allotropie aux équilibres de forces électromotrices. — MM. J. D. van der Waals et A. F. Holleman présentent deux travaux de M. **F. E. C. Scheffer** : *Sur la démixtion d'un mélange binaire où la pression du système de trois phases est supérieure à la somme des tensions de vapeur des deux constituants.* La particularité, trouvée par l'auteur dans le système hexane-eau, que la tension de la vapeur au contact avec deux phases liquides est supérieure à la somme des tensions de vapeur des deux liquides purs, se retrouve dans les systèmes pentane-eau et benzène-eau. *Sur les équilibres gazeux et vérification de la formule de M. J. D. van der Waals Jr.* I. L'auteur se propose de faire servir les données relatives aux équilibres chimiques dans les gaz au contrôle des formules données par Sackur et Tetrode pour l'entropie d'un gaz, et de la formule donnée par van der Waals Jr. pour l'équilibre de dissociation d'une molécule diatomique. Dans ce premier travail, il examine l'équilibre entre l'iode diatomique et l'iode monoatomique. — MM. S. Hoogewerff et A. P. N. Franchimont présentent un travail de M. **W. Reinders** : *Equilibres dans le système PbS-O; le processus de la réaction du grillage.* L'auteur trouve que lorsqu'on enlève SO^2 à un mélange de PbS et $PbSO^4$, on passe successivement par une série d'équilibres mono-variants entre trois phases. L'auteur calcule aussi les chaleurs de transformation. — MM. H. Haga et Ernst Cohen présentent un travail de M. **F. M. Jaeger** : *Recherches sur les coefficients de température de l'énergie superficielle de liquides entre — 80° et 1650° C. VII. L'énergie superficielle spécifique des halogènures des métaux alcalins. VIII. L'énergie superficielle spécifique de quelques sels des métaux alcalins.* Les recherches portèrent sur les fluorures et chlorures de lithium, sodium, potassium, rubidium et césium, les bromures et iodures de sodium, potassium, rubidium et césium, les sulfates et nitrates de lithium, sodium, potassium, rubidium et césium, les métaborates de lithium, sodium et potassium, et les molybdates, tungstates et métaphosphates de sodium et potassium. — MM. **A. P. N. Franchimont** et **H. J. Backer** : *La coloration de quelques dérivés de la picrylméthylamide par des alcalis.* Cette coloration est due à une réaction entre la base et un ou plusieurs nitrogroupes du noyau benzénique. — MM. **A. P. N. Franchimont** et **H. J. Backer** : *L'acide α-sulfopropionique et sa séparation en isomères optiquement actifs.* Préparation de quelques sels actifs de cet acide. Cet acide présente cette particularité que certains de ses sels ont un pouvoir rotatoire opposé à celui de l'acide même.

2° Sciences naturelles. — MM. J. Wertheim Salomonson et H. Zwaardemaker présentent deux notes de M. **J. R. Katz** : *La vitesse avec laquelle le pain devient rassis. Le phénomène du rassis est un changement qui ne se manifeste pas seulement dans l'amidon de froment et de seigle, mais dans toutes les espèces d'amidon; seulement, c'est par hasard pour le froment et le seigle seuls qu'il conduit à des résultats d'importance pratique.* Le phénomène du rassis consiste en une transformation de l'amidon, par laquelle il devient plus dur et absorbe moins d'eau. La perte d'eau ne succède pas immédiatement à la diminution du pouvoir d'imbibition, mais est un processus de longue durée. Ce processus suit les mêmes lois pour toutes les espèces d'amidon. — MM. C. Winkler et J. K. A. Wertheim Salomonson présentent un travail de M. **G. van Rijnberk** : *L'innervation du dermatome du tronc.* L'auteur communique le résultat des recherches qu'il a faites sur le chien, pour établir de quelle façon les nerfs périphériques entretiennent la sensibilité dans chaque dermatome du tronc. — M. **W. Beyerinck** : *La gommose du fruit de l'amandier et de l'amandier-pêcher comme phénomène de développement normal.* La formation de canaux gummifères chez les Amygdalacées n'est pas toujours un phénomène pathologique; dans les fruits de l'*Amygdalus communis* et de l'*Amygdalus amygdalo-persica*, elle se présente comme une manifestation normale de la vie.

J.-E. V.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 11 15 JUIN 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

A. van Gehuchten. — Le 9 décembre dernier, est mort à Cambridge, où il s'était réfugié, le distingué professeur d'Anatomie humaine de l'Université catholique de Louvain.

Il avait fait ses études de sciences naturelles à cette université même, et il fut un des premiers de la pléïade de cytologistes qu'y suscita l'entreprenante activité du maître J. B. Carnoy. A part des recherches sur la fibre musculaire et sur des phénomènes de la sécrétion dans l'intestin d'Insectes, toute l'œuvre de van Gehuchten est consacrée au système nerveux. Et sa réputation date surtout de l'époque où les adeptes de Golgi et de Cajal, au moyen de la technique au chromate d'argent, mirent en honneur la théorie du neurone et renovèrent les études de l'appareil nerveux.

Entre 1890 et 1896, van Gehuchten publia une série de mémoires sur le bulbe olfactif, sur le lobe optique, sur l'innervation des poils, sur les cellules ganglionnaires spinales... Il y combattait l'ancienne théorie de Gerlach sur la continuité des éléments nerveux, et défendait le principe de l'individualité des neurones. Il reconnut le premier la propriété conductrice des dendrites, que l'on croyait être des prolongements exclusivement trophiques; il démontra que la communication entre les filets olfactifs et les cellules mitrales du bulbe olfactif s'établit par le long prolongement dendritique de ces cellules; il montra que, dans la substance blanche de la moelle épinière des Amphibiens, les dendrites se mettent en contact avec des ramifications collatérales.

Après ces recherches, il s'appliqua à l'étude de l'origine des racines nerveuses, surtout des nerfs craniens : sa conception de la structure des noyaux du nerf vague n'a pas résisté à l'épreuve de la critique; mais la répartition qu'il a donnée des origines des branches du nerf facial dans le noyau moteur de la septième paire chez le Lapin est devenue classique; et sa description de l'origine du pathétique et de la racine mésencéphalique du trijumeau chez les Téléostéens paraît définitive.

Ce maître en anatomie de l'appareil nerveux a publié un beau livre, très étendu : l' « Anatomie du système nerveux de l'homme », où il est intéressant notamment de lire la discussion, très serrée, mais très impartiale, de la structure fondamentale du tissu nerveux. Cet ouvrage, qui eut quatre éditions successives en 1893, 1896, 1899 et 1907, a été suivi, en 1908, d'un manuel plus concis : « Les centres nerveux cérébro-spinaux. » Depuis 1900, il publiait une revue, *Le Névraxe*, consacrée non seulement à l'anatomie, mais aussi à la pathologie du système nerveux, revue où parurent nombre d'articles de lui et de ses élèves.

Car van Gehuchten, après avoir achevé ses études de médecine, s'était consacré pendant les quinze dernières années à la neuropathologie et à l'art de guérir.

Ce savant distingué était un homme de commerce agréable; sa mort prématurée, dans des circonstances pénibles, en sera d'autant plus regrettée.

V. W.

§ 2. — Art de l'Ingénieur

L'emploi des moteurs à naphtaline en Allemagne. — Par suite de la pénurie de combustibles liquides qui s'est fait sentir en Allemagne dès les premiers mois de la guerre, un grand nombre d'usines se sont trouvées dans l'embarras, en particulier les petites installations qui ne possédaient que des moteurs à explosion et ne peuvent utiliser la vapeur. Elles ont cherché à sortir de cette situation en recourant à d'autres combustibles, et beaucoup d'entre elles ont trouvé une solution dans l'emploi du moteur à naphtaline[1].

Les premiers essais de construction de moteurs à naphtaline ont été tentés en France il y a une dizaine d'années, mais sans résultats pratiques. Repris en Allemagne récemment, ils ont abouti à la fabrication de machines d'un usage industriel.

La naphtaline possède une très haute valeur calorifique; elle est facile à se procurer en grandes quantités

1. *Die Naturwissenschaften*, t. III, n° 20, p. 258 (14 mai 1915).

et à bon marché; elle constitue donc un combustible très avantageux. Mais c'est un corps solide, qui ne fond qu'aux environs de 80°. Pour l'utiliser dans les automobiles, on a essayé à plusieurs reprises de la dissoudre dans l'alcool et d'employer cette solution comme succédané du benzol. Mais cette méthode est beaucoup trop coûteuse pour les usages industriels. On a donc amené la naphtaline à l'état liquide par simple fusion.

Le moteur à naphtaline ne se distingue des moteurs à benzol bien connus que par l'adjonction d'un dispositif de fusion pour la naphtaline. Dans ce but, on a employé d'abord l'eau chaude ayant servi à la réfrigération du moteur; mais par ce moyen la naphtaline ne pouvait pas être liquéfiée assez rapidement. Aujourd'hui on entoure le réservoir de naphtaline d'un manteau de vapeur, et l'on transforme en vapeur l'eau de réfrigération au moyen des gaz d'échappement encore chauds. Jusqu'à ce qu'il se produise assez de vapeur pour la fusion de la naphtaline, ce qui exige 20 à 30 minutes, le moteur doit être mis en mouvement avec un autre combustible, benzine ou gaz d'éclairage; ensuite on introduit la naphtaline.

L'emploi d'un tel moteur est très simple; il tient peu de place et n'est pas susceptible d'explosion. On construit des moteurs à naphtaline d'une puissance de 3 à 20 chevaux; ils ne consomment guère que 270-300 gr. de naphtaline par cheval-heure, valant 15 fr. les 100 kilogs, soit 4,5 centimes par cheval-heure. La naphtaline se transporte et s'emmagasine facilement, sans exiger les mêmes précautions que les hydrocarbures liquides.

Les moteurs à naphtaline peuvent être employés à la commande des pompes et des dynamos, par exemple dans les petites usines hydrauliques et les petites centrales électriques.

Les bombes incendiaires allemandes. — Le « Comité anglais de préservation contre les incendies », à la suite des raids des *Zeppelin* allemands sur les côtes britanniques, a entrepris une série de recherches sur les bombes incendiaires lancées par les dirigeables ennemis et les dégâts auxquels elles ont donné lieu. Le résultat de ces investigations vient de se traduire par la publication d'une petite brochure à l'usage du public (Avertissement n° 17 A), qui contient la description des bombes incendiaires et les meilleurs moyens à employer pour éteindre les feux qu'elles provoquent.

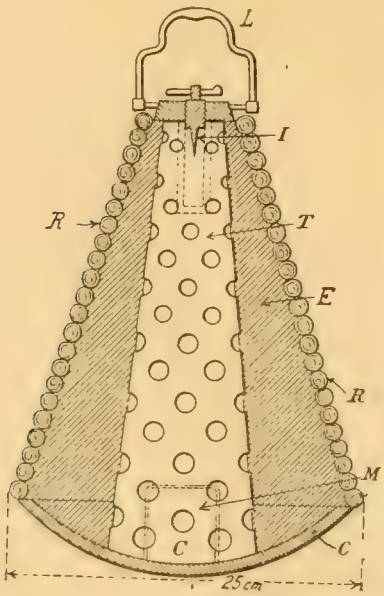


Fig. 1. — *Schéma d'une bombe incendiaire allemande.*
L, poignée; R, corde enroulée; C, coupe aplatie; I, dispositif d'inflammation; T, thermite; E, matières inflammables ou résineuses; M, phosphore blanc fondu.

La figure 1 représente la coupe d'une de ces bombes, de forme conique. Elle est entourée d'une corde R et pourvue d'une poignée en métal L au sommet. La base, d'environ 25 cm. de diamètre, est une coupe aplatie C, surmontée d'une cheminée métallique percée de trous qui porte à l'extrémité supérieure un dispositif d'inflammation I. Cette cheminée est généralement remplie de thermite T, mélange bien connu d'aluminium et d'oxyde de fer, qui, après ignition, forme rapidement une masse de métal fondu, d'une température approchant de 3000°, qui est projetée de tous côtés par le choc de la bombe sur un obstacle. En dehors de la cheminée se trouve une garniture constituée par une matière très inflammable ou résineuse E, maintenue par la corde également très combustible. Ces matières dégagent une fumée piquante. On trouve aussi généralement dans le fond de la coupe du phosphore blanc fondu M qui développe des fumées nauséabondes. Dans quelques cas, les bombes renfermaient encore des copeaux de celluloïd et même un peu de pétrole.

Ces bombes communiquent en général rapidement le feu aux habitations par suite de la violence des flammes et de la chaleur du métal fondu. Il est difficile d'éteindre l'incendie à l'endroit même où il a pris naissance, mais on peut l'empêcher de se propager en amenant rapidement de l'eau en très grande quantité. Le sable et la terre meuble peuvent être de quelques secours en l'absence d'eau, mais ils ne possèdent pas l'effet réfrigérant nécessaire. Les personnes qui combattent l'incendie feront bien de se munir de masques respiratoires.

§ 3. — Physique

L'ampoule à rayons X de Coolidge. — Le réglage du vide, à l'intérieur des ampoules radiogènes ordinaires, est d'une importance essentielle, dans la pratique de la radiologie. Un tube relativement peu vidé, mou, donne naissance à des rayons X facilement absorbés; à mesure que la pression intérieure diminue, le pouvoir pénétrant des radiations jaillies de l'anticathode s'accroît. Les rayons mous accusent, en radioscopie et en radiographie, de grandes différences entre l'opacité des os et la transparence des chairs, mais leur action est limitée aux organes peu épais. Les rayons durs sondent le sujet plus profondément et permettent d'abréger la pose photographique, mais révèlent moins de détails. En radiothérapie, il faut utiliser des rayons plus ou moins pénétrants, suivant la nature de la maladie et suivant la profondeur de l'organe à soigner.

Du reste, le vide convenable une fois obtenu est loin de se maintenir constant. Du fait même de son fonctionnement, le tube devient de plus en plus dur, le résidu gazeux se fixant peu à peu sur les parois de l'ampoule. Au delà d'un certain degré d'évacuation, le courant cesse de passer. On a bien imaginé des moyens de régénérer les tubes devenus trop durs; mais il était pratiquement impossible de produire à coup sûr des rayons X d'une qualité bien déterminée et d'en assurer l'émission constante au cours d'une longue séance.

Le moyen d'éviter cet inconvénient a été trouvé dans le laboratoire de recherches de la General Electric Co, à Schenectady, où MM. Langmuir et Coolidge avaient entrepris l'étude des particules électriques émises par les corps incandescents.

M. Coolidge a réussi à produire des rayons X dans des tubes où règne un vide aussi parfait que possible (1/100e de micron, et même moins encore) obtenu au moyen de la pompe Gaede. La production de ces rayons exige, il est vrai, la présence préalable d'électrons, qui paraît inconciliable avec une évacuation poussée si loin; mais on connaît aujourd'hui d'autres moyens que le choc d'ions positifs sur la cathode pour libérer des électrons. Les corps incandescents en émettent également, et

suivant une fonction de la température, ainsi formulée par Richardson :

$$i = a\sqrt{T e^{\frac{b}{T}}},$$

i étant le nombre d'électrons émis dans une seconde par le corps incandescent, T sa température absolue, e la base des logarithmes népériens, a une constante indiquant la concentration des électrons sur le corps incandescent, b le travail nécessaire pour produire des électrons à la surface du métal.

Dans le tube de Coolidge, la cathode est formée d'un filament métallique chauffé par un courant électrique auxiliaire à basse tension, et les électrodes sont reliées à la source de haute tension, comme à l'ordinaire. On règle aisément l'intensité d'émission des électrons, en réglant le courant de chauffage de la cathode.

Le tube est construit par M. Pilon, concessionnaire pour la France des brevets Coolidge. La figure 2 montre comment sont établies les connexions. L'anode A est faite d'un gros bloc de tungstène pesant environ 100 grammes et présentant un large diamètre. Elle est supportée par un tube de molybdène ou d'un métal peu fusible, soutenu de façon à ne pas fléchir sous le poids. Ce support a aussi pour but de disperser, dans la mesure du possible, la chaleur dégagée, car l'anode fait office d'anticathode. Dans certains cas, le refroidissement est complété par une soufflerie ; le modèle représenté porte un refroidisseur à eau.

La cathode C est une spirale en fil de tungstène, supportée par deux tiges en molybdène. Elle est reliée à une batterie d'accumulateurs B soigneusement isolée, car elle sera portée au potentiel cathodique. Une résistance R, également isolée, permet de faire varier l'intensité du courant qui traversera la spirale de tungstène et de modifier la température, de manière à libérer plus ou moins d'électrons.

Entourant la spirale, est un cylindre en molybdène relié au pôle négatif de la source à haute tension (bobine, contact tournant, etc.). Ce cylindre, dont la forme et les dimensions varient dans les divers modèles qui viennent d'être construits, sert à diriger le faisceau cathodique sur l'anticathode, en un point d'impact plus ou moins étendu.

Le vide réalisé à l'intérieur de l'ampoule est tel que, même sous une différence de potentiel supérieure à 100.000 volts, aucune décharge ne peut franchir l'intervalle entre les électrodes, tant que la spirale cathodique n'est pas chauffée. Pour mettre le tube en marche, on ferme d'abord le circuit de la batterie sur la spirale de tungstène, on l'amène au degré d'échauffement nécessaire à l'émission voulue d'électrons, et, lorsqu'elle est suffisamment chaude, on fait passer le courant à haute tension en fermant l'interrupteur I

Le tube Coolidge ne laisse passer la décharge que dans un sens, tant que l'anode est froide. Il peut donc fonctionner sur courants alternatifs, sans soupape spéciale, car les électrons négatifs issus de la spirale chauffée ne peuvent transporter qu'un courant négatif de C en A. Cependant, si l'anticathode s'échauffe outre mesure, la décharge passera aussi en sens inverse. Il sera donc préférable d'utiliser un courant de sens constant, quand l'anticathode n'est pas parfaitement maintenue froide.

Le foyer d'émission anticathodique reste absolument fixe ; il ne se produit point de rayons diffus, le verre ne devient fluorescent en aucun point et n'est le siège d'aucun échauffement local. Le tube pourrait parfaitement fonctionner pendant environ mille heures sans interruption.

Les rayons X ainsi émis forment un faisceau homogène : leur pouvoir de pénétration est uniquement déterminé par le voltage aux bornes de l'ampoule et ne varie pas, tant que la tension reste constante.

En élevant suffisamment la différence de potentiel entre les électrodes, on obtient des radiations dont la nature se rapproche plutôt des rayons γ du radium que des rayons X issus des ampoules à vide imparfait. Ces radiations, très pénétrantes, conviendraient tout particulièrement au traitement des tumeurs profondes et permettraient de réduire la durée des séances.

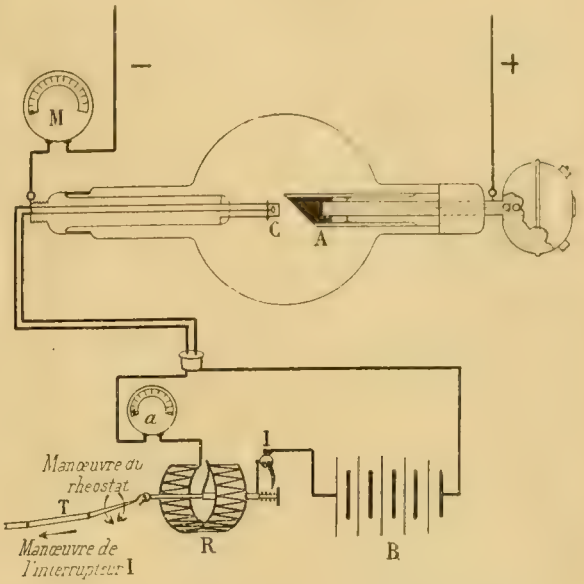


Fig. 2. — *Tube Coolidge-Pilon. Schéma des connexions*

A, anticathode ; B, accumulateurs ; C, cathode ; I, interrupteur pour le filament ; R, rhéostat ; T, commande du rhéostat et de l'interrupteur ; a, ampère-mètre pour la batterie ; M, milliampère-mètre.

En radiographie, il vaut mieux utiliser des rayons moins pénétrants ; mais, dans cette application, l'avantage reste encore au tube Coolidge, non seulement en raison de la régularité de son fonctionnement et de la fixité du point d'impact, mais aussi du fait de la suppression de ces rayons secondaires qui sont la cause principale de l'imperfection des radiographies pratiquées au travers de grandes épaisseurs. Les images du bassin, du genou et du thorax récemment obtenues par MM. Belot et Maxime Menard[1] marquent un progrès très appréciable sur les radiographies des mêmes régions exécutées à l'aide des tubes ordinaires.

Ernest Coustet.

Un nouvel isolant calorifique, le fibrox. — Au dernier congrès de la Société électrochimique américaine, tenu à Atlantic City et à Philadelphie du 22 au 24 avril, M. E. Weintraub, de la General Electric Co., de Lynn (Mass.), a présenté un nouvel isolant thermique très intéressant, dénommé *fibrox*.

Cette substance a chimiquement la constitution d'un oxycarbure de silicium. Elle est surtout remarquable par sa structure fibreuse ; le diamètre des fibres est de l'ordre de 0,6 à 0,3 micron, c'est-à-dire bien inférieur au diamètre des cheveux fins. Le fibrox peut être découpé en plaques, feuilles et anneaux consistants.

La densité apparente de cette substance, tout en variant suivant les circonstances, est généralement comprise entre 0,0025 et 0,0030. Elle consiste en 99,5 à 99,9 % d'air (remplissant les pores) et 0,5 à 0,1 % de matière solide. Cette composition en fait le meilleur isolant thermique connu. D'autre part, c'est un conducteur électrique relativement bon, avec une conductibilité comparable à celle des solutions électrolytiques.

1. *Comptes rendus*, t. CLX, p. 450, séance du 6 avril 1915.

§ 4. — Chimie industrielle

Le rôle de la science dans la lutte contre l'industrie allemande. — La Société d'encouragement pour l'Industrie nationale vient d'inaugurer, auprès des industriels français, une enquête sur les moyens qu'ils comptent mettre en œuvre, après la guerre, pour lutter contre l'industrie allemande. A propos des réponses déjà reçues, M. H. Le Chatelier vient de publier, dans le *Bulletin*[1] de cette Société, quelques remarques sur le rôle de la science dans la lutte contre l'industrie allemande, qu'il est bon de relever ici.

Rappelant les efforts faits par M. Berlemont, président du Syndicat de la verrerie de laboratoire, pour se mettre en mesure de placer sur le marché français un certain nombre des objets de verrerie exclusivement fournis jusqu'ici par l'Allemagne, M. Le Chatelier montre « qu'on ne peut obtenir de résultats sérieux sans payer comme ce dernier de sa personne, sans renoncer aux errements du passé. Un trop grand nombre d'industriels semblent, au contraire, limiter leur horizon à l'établissement de nouveaux droits de douane, à la suppression de l'impôt sur l'alcool ou de la limitation de la journée ouvrière, à l'obligation pour les banques de soutenir plus efficacement les industriels français, toutes revendications n'exigeant aucun effort de leur part et faisant présager pour les consommateurs, c'est-à-dire pour l'universalité des Français, le renchérissement après la guerre de tous les objets de consommation et la diminution de leur qualité. »

Etudiant alors le mode normal du concours de la science à l'industrie, M. Le Chatelier, après avoir indiqué que l'accord direct de l'industriel avec le savant, représenté par le professeur d'Université ou de grande Ecole travaillant dans un laboratoire de l'Etat, est pour le moment à peu près impossible, conseille à l'industriel de « prendre sous ses ordres et de payer comme employés des ingénieurs, des chimistes, capables de faire œuvre scientifique... Toute usine allemande, si petite soit-elle, a un laboratoire pour suivre sa fabrication et contrôler la qualité de ses produits. Ce système a fait ses preuves de l'autre côté du Rhin, il peut être utilement employé chez nous. » A côté des laboratoires d'usines, il pourra y avoir des laboratoires de syndicats, travaillant pour toutes les usines d'une même industrie, et dans certains cas les grands laboratoires nationaux pourront et devront collaborer avec les laboratoires de syndicats et même avec ceux d'usines pour les études d'un caractère tout à fait général.

Cette intervention du laboratoire dans l'industrie moderne, qui est une des causes de la supériorité de l'industrie allemande, entraîne certaines obligations indispensables, au premier rang desquelles M. Le Chatelier place « la nécessité des connaissances théoriques et de la pratique du laboratoire chez les directeurs techniques des usines ».

« L'utilisation systématique des laboratoires exige que le directeur technique d'une affaire ne soit pas un simple commerçant, comme cela arrive dans un trop grand nombre de nos industries. Il doit posséder non seulement des connaissances techniques et scientifiques étendues, mais avoir encore la pratique du laboratoire. Cela ne veut pas dire, bien entendu, qu'un chef d'industrie doive travailler habituellement au laboratoire, mais il doit être capable de le faire. Faute de cette pratique, il sera absolument incapable d'utiliser son laboratoire, de lui donner les ordres indispensables, de savoir quels problèmes poser et comment les poser; son laboratoire lui coûtera très cher et ne lui rapportera rien. Cette préparation insuffisante de la plupart de nos chefs d'industrie explique les échecs qu'ils ont trop souvent éprouvés lorsqu'ils ont tenté d'installer, dans leurs usines, des laboratoires à l'instar de ceux des Allemands ». Cette situation tient à une lacune très grave de notre enseignement, et une réforme importante s'imposera si l'on veut arriver à donner la formation nécessaire aux fils d'industriels appelés à diriger de bonne heure les affaires de leur famille.

« L'installation systématique des laboratoires dans les usines françaises, ajoute M. Le Chatelier, entraînerait deux conséquences immédiates très importantes: l'abaissement du prix de revient et la possibilité de donner au consommateur des garanties de qualité.

« Une des causes les plus importantes de l'élévation du prix de revient est la proportion des déchets de fabrication. Par un contrôle incessant des conditions du travail, le laboratoire permet de supprimer dans une large proportion ces déchets. Personne au monde ne songerait aujourd'hui à conduire une fabrication d'acier sans se guider sur des dosages répétés de phosphore. On arriverait facilement sans cela à 90 °/₀ de déchets...

« Le laboratoire permet en outre à l'industriel, par le contrôle incessant de sa fabrication, de donner au consommateur des garanties très précieuses de qualité... Une fabrique de ciment avait fourni du ciment pour l'escalier de la Préfecture de C... Le ciment gonfla et l'escalier tomba en ruines au bout de quelques mois. Depuis, l'usine n'a jamais pu revendre son ciment comme tel; elle doit l'écouler sous le nom de chaux améliorée et le vendre par suite au prix de la chaux. De simples mesures d'invariabilité de volume eussent évité ce désastre commercial. Les exemples semblables sont légion. »

Et M. Le Chatelier de conclure: « Si nos industriels français veulent lutter contre la concurrence allemande, il faut qu'ils se décident à imiter ses méthodes de travail. C'est une naïveté de croire que l'on peut établir aujourd'hui des barrières infranchissables entre des états voisins. Prohiberait-on complètement l'entrée directe des marchandises allemandes qu'elles nous envahiraient de suite sous des marques neutres ou alliées. Le commerce n'a pas de patrie...

« La science française a toujours marché en tête du progrès et devancé l'Allemagne. Pourquoi nos industriels français ne prendraient-ils pas une situation analogue vis-à-vis de leurs concurrents allemands? L'électricité, les mines, la métallurgie, les chemins de fer, certaines branches de la construction mécanique et des grands produits chimiques sont déjà à hauteur; que les autres industries emboîtent le pas à leur tour.

« Mais pour cela, je le répète en terminant, il faut absolument arriver à former chez nous des chefs d'industrie rompus à l'usage des méthodes scientifiques de travail, familiers avec la pratique du laboratoire. Faute de cette formation, il est impossible d'utiliser avantageusement un personnel scientifique en sous-ordre, de faire rendre les laboratoires ».

La compétence et l'autorité de M. H. Le Chatelier en matière de science et d'industrie recommandent ces conclusions à la sérieuse attention des industriels français.

§ 5. — Géologie

Découverte de bactéries algonkiennes. — Bernard Renault a le premier mis en évidence la présence de nombreuses bactéries fossiles dans des débris animaux et végétaux depuis les couches dévoniennes jusqu'à la partie supérieure des terrains tertiaires[1]. M. Ch. D. Walcott, secrétaire de la Smithsonian Institution, vient de signaler l'existence de bactéries dans des terrains encore plus anciens[2].

Etudiant les dépôts d'algues prépaléozoïques du calcaire de Newland (Montana central), il avait été amené à penser que les bactéries ont été le facteur le plus important dans le dépôt de cette formation algonkienne.

1. N° de mars-avril 1915, p. 174 et suiv.

1. B. Renault: Les Bactéries fossiles et leur œuvre géologique. *Revue gén. des Sc.* du 15 oct. 1896, t. VII, p. 804.
2. *Proc. of the National Acad. of Sciences*, t. I, p. 256: 1915.

Des sections minces ont été préparées dans une forme d'algue appartenant au genre *Gallatinia*, et des bactéries ont été découvertes dans la plupart d'entre elles. Ces bactéries consistent en cellules individuelles et en chaines apparentes de cellules, qui correspondent par l'aspect physique à des cellules de *Micrococcus*. M. Walcott poursuit l'étude de ces organismes intéressants.

§ 6. — Agronomie

L'emploi des substances radio-actives comme engrais. — La *Revue* a signalé autrefois à ses lecteurs les résultats plus ou moins contradictoires obtenus par l'emploi des substances radio-actives comme engrais [1]. Etant donnée l'importance de cette question, le Bureau des Sols du Département de l'Agriculture des Etats-Unis a chargé M. W. H. Ross d'en reprendre l'étude, et celui-ci vient de faire connaître les conclusions de ses recherches [2].

Son attention a été particulièrement appelée sur une nouvelle substance, mise récemment dans le commerce sous le nom d'engrais et qui consiste dans le résidu des minerais d'uranium après extraction de ce métal ou dans les minerais de radium-uranium à trop faible teneur pour être utilisés à l'extraction du radium. On revendique pour cette substance, en raison de son activité, un effet marqué de stimulation sur la croissance des plantes, en mélange avec une quantité relativement grande d'engrais types et appliquée à raison de 10 à 25 kilogs par hectare.

Si l'on considère les faits suivants : 1° que la plus grande quantité de radium qui puisse entrer dans un minerai s'élève à 0,00003 °/₀ seulement ; 2° que l'intensité des rayons du radium est limitée par la quantité de radium présente ; 3° que tous les rayons, comme les substances chimiques, doivent dépasser en intensité ou concentration une certaine valeur limite pour produire des résultats notables, ou même un résultat quelconque ; 4° que le radium coûte 600.000 fr. le gramme ; 5° que l'activité du radium ou de tout autre radio-élément ne peut être accrue par aucun traitement, mais reste la même à quel état de combinaison qu'il se trouve, — il semble impossible que le radium ou l'un de ses produits puisse avoir aucune application économique comme engrais dans l'agriculture générale, et encore moins que l'engrais dit radio-actif ait une valeur quelconque au point de vue de sa radio-activité, car la quantité de radium déjà présent dans le sol sur un pied de profondeur par hectare est en moyenne 100 fois plus élevée que celle qui est contenue dans la proportion d'engrais radio-actif généralement recommandée pour être répandue sur la même surface.

Des expériences ont été entreprises sur l'influence des radio-éléments extraits de leurs minerais sur la germination des graines et la croissance des plantes. Il en résulte que, dans la recherche botanique et peut-être dans la culture en serres, là où le but atteint peut justifier la dépense, l'emploi des radio-éléments est susceptible d'avoir une grande valeur.

M. Ross a enfin reconnu que l'action de l'uranium sur les plantes est due à ses propriétés chimiques plus qu'à sa radio-activité, et les résultats contradictoires obtenus avec des engrais radio-actifs de différentes sources s'expliquent sans doute par le fait que la radio-activité de la substance a seule été considérée, sans égard à la présence ou à l'absence d'uranium ou d'autres constituants non radio-actifs comme des sels solubles ou des acides libres.

Influence de l'orientation des lignes sur le sol sur la récolte des betteraves sucrières. — De 1880 à 1882, M. G. Marck, de Koenigsberg, avait affectué des expériences en vue de déterminer si la direction des lignes des betteraves à sucre a une influence sur la récolte. L'étude de cette question, laissée ensuite de côté, a été reprise récemment par M. Greisenegger, qui a fait, dans des conditions essentiellement différentes, de nouvelles expériences à la Station de Ober-Siebenbrunn, en Basse-Autriche [1]. Comme distances entre les plantes et entre les lignes, il a choisi celles en usage dans la région ; pour la fumure, il est resté dans les limites de la culture pratique. La disposition des lignes sur le champ d'expériences a été tantôt E W, tantôt N S.

Tant que le sol fut dépourvu ou à peine couvert de végétation, l'influence de la direction du vent ne se manifesta guère. Mais, à mesure que les betteraves croissaient, que le système foliaire se développait et que le terrain en était ombragé dans une plus large mesure, les directions des lignes de culture commencèrent à avoir une influence plus sensible. Les vents qui soufflaient dans une direction parallèle aux lignes pouvaient traverser toute l'étendue du champ en perdant très peu de leur vitesse, car ils ne rencontraient que peu de résistance dans les larges intervalles entre une ligne et l'autre. Ils déplaçaient les masses d'air saturées d'humidité se trouvant tout près du sol, et, en passant entre les lignes, ils pouvaient absorber une quantité de vapeur d'eau d'autant plus considérable qu'ils étaient encore éloignés du point de saturation. Il en est tout autrement des courants d'air soufflant perpendiculairement aux lignes de betteraves. Le fait que l'écartement des plantes sur les lignes n'était guère que la moitié de l'écartement des lignes constituait déjà un obstacle au passage des courants d'air sur les parcelles. Comme les plantes n'étaient pas disposées en rectangle, mais qu'en général l'intervalle entre deux plantes d'une ligne correspondait à une plante de la ligne voisine, le vent à direction perpendiculaire, dont le passage était entravé par la muraille de feuilles, était forcé de remonter et de passer au-dessus des lignes mêmes, sans troubler la couche d'air stagnant comprise entre celles-ci.

Il est certain que les vents frais du nord et les vents chauds du midi relativement fréquents, surtout à l'époque où les betteraves ont le plus grand besoin d'eau, et de plus secs, ont porté un plus grand préjudice à ce facteur essentiel de la végétation, sur les lignes de betteraves dirigées dans le même sens qu'eux que ne l'ont fait les vents de l'ouest et de l'est.

En admettant que, dans les conditions données, la quantité d'eau présente aurait dû déterminer la mesure de la production de matière organique, il était à prévoir que le rendement des lignes dirigées de l'est à l'ouest serait plus élevé que celui des lignes à direction nord-sud. Les résultats de l'auteur confirment cette supposition ; il est donc incontestable que le changement de direction des lignes a pour effet une augmentation ou une diminution de la production de matière organique.

Pour en apprécier la valeur économique, M. Greisenegger a calculé les rendements pour la superficie de 1 hectare. La même variété de betteraves, cultivée en lignes dirigées de l'ouest à l'est, toutes les autres conditions d'accroissement restant les mêmes, donne un rendement dépassant de 19,4 quintaux par hectare, soit d'environ 7 °/₀, le rendement obtenu avec les lignes de culture dirigées du nord au sud. Dans le rendement en sucre, il y eut un excédent de 2,9 quintaux par hectare, et dans la masse des feuilles un excédent de 129,5 quintaux. En évaluant le quintal de betteraves à 2 fr. 10 et celui de feuilles fraîches à fr. 0,42, on obtient comme valeur totale des excédents

1. D. Zolla : Revue annuelle d'Agronomie. *Rev. gén. des Sc.* du 15 octobre 1913, t. XXIV, p. 732-735.

2. *Bulletin* 149, U. S. Dep. of Agric., Bureau of Soils, et *Chem. News*, t. CXI, p. 233 et 242 ; 14 et 21 mai 1915.

1. *Oesterr.-Ungar. Zeitschr. fur Zuckerind. und Landwirtschaft*, t. XLIV, n° 1, p. 14-22 ; 1915, analysé dans le *Bull. mens. des renseign. agricoles de l'Inst. internat. d'Agric.*, t. VI, n° 5, p. 750-52 ; mai 1915, auquel nous empruntons les renseignements ci-dessus.

95 fr. 13 par hectare. Ce bénéfice n'a nécesssité aucun supplément de frais; c'est un bénéfice net, procuré par l'adoption d'une règle de culture très simple : une direction donnée dans le tracé des lignes.

L'agriculteur a donc intérêt à étudier attentivement la question de la direction à donner aux lignes de culture. Il faudrait déterminer pour chaque localité la direction la plus favorable, car il est bien possible que des conditions locales, telles que la position des montagnes, le voisinage des grandes nappes d'eau, etc., aient une influence considérable dans un sens ou dans l'autre.

§ 7. — Sciences médicales

La transmission de la malaria par les moustiques aux Philippines. — Deux savants américains, MM. E. L. Walker et M. A. Barber, du Laboratoire biologique du Bureau des Sciences de Manille, se sont attachés depuis quelques années à l'étude expérimentale de la transmission de la malaria par les moustiques, et ils sont arrivés à des conclusions, les unes d'importance générale, les autres concernant plus spécialement les Philippines, qu'il nous paraît intéressant de reproduire ici[1].

Pour MM. Walker et Barber, le rôle joué par une espèce d'*Anopheles* dans la transmission de la malaria dans une contrée quelconque dépend principalement : 1° de sa susceptibilité à l'infection, 2° de sa distribution géographique et de sa prépondérance, 3° de son avidité pour le sang humain, 4° de sa domesticité.

Parmi ces facteurs, la susceptibilité est d'importance fondamentale. Il est certain qu'un moustique réfractaire ou faiblement susceptible à l'infection par le parasite malarien sera, quelle que soit sa prépondérance ou sa distribution étendue, de nulle ou de faible importance pour la transmission de la malaria; d'autre part, une espèce très susceptible, quoique moins abondante, peut jouer un rôle capital dans la dissémination de l'affection. Ainsi, l'*Anopheles rossii* a été recueilli par Stephens et Christoffers dans les maisons indigènes de certaines régions de l'Inde en beaucoup plus grand nombre que l'*A. culicifacies*; mais, tandis que cette dernière espèce est infectée naturellement par les parasites malariens dans la proportion de 4 à 16 %, on n'a pas trouvé un seul *A. rossii* infecté. Ces auteurs concluent donc que l'*A. rossii*, quoique plus abondant, joue un rôle subordonné, tandis que l'*A. culicifacies* moins nombreux possède le principal rôle dans la transmission de la malaria dans ces régions.

Une espèce rare ou limitée à certaines régions ou altitudes peut, quoique très susceptible, avoir peu d'importance dans la dissémination de la malaria sur l'ensemble d'une région. Une espèce comme l'*A. ludlowii*, qui se nourrit surtout au bord de la mer, n'aura que peu d'importance dans les régions de l'intérieur. L'*A. maculatus*, qui est surtout un moustique de hautes altitudes, ne jouera guère de rôle dans une contrée basse, et un Anophèle qui ne s'adapte pas à des conditions et des altitudes diverses jouera un rôle moindre dans une contrée à topographie, végétation et altitudes variées. Un Anophèle ne doit donc pas seulement être susceptible, mais prépondérant et de distribution étendue pour être de première importance dans l'épidémiologie de la malaria dans une contrée.

Les Anophélinés présentent de grandes variations dans leur avidité pour le sang humain. Schuffner (1902) n'a pu forcer des spécimens d'une espèce qu'il expérimentait à piquer et à sucer le sang de l'homme; par contre, une autre espèce présentait une voracité intense pour le sang de l'homme. Il est clair qu'un Anophèle qui a une forte tendance à chercher et à piquer l'homme sera, toutes choses égales d'ailleurs, plus apte à transmettre la malaria qu'une espèce moins avide de sang humain.

Certaines espèces d'Anophélinés, comme l'*A. rossii*, peuvent être appelées « espèces domestiques » — quoiqu'à un moindre degré que le *Stegomya calopus* ou certaines espèces de *Culex* — puisqu'elles se reproduisent au dehors près des habitations humaines; d'autres espèces, comme celles du groupe *Mysorhynchus*, peuvent être désignées par le terme de « moustiques sauvages », car elles vivent et se reproduisent dans la forêt. Les autres choses étant égales, il est probable que plus les espèces sont domestiques, plus elles sont importantes dans la transmission de la malaria, à cause de la plus grande opportunité qui leur est offerte de piquer et de sucer le sang de personnes malariennes et saines. Toutefois, dans la plupart des contrées tropicales, spécialement en dehors des villes, l'importance de ce facteur est plus ou moins neutralisée par les coutumes des natifs, qui construisent généralement leurs habitations à la lisière des forêts ou au bord des rivières, pour se mettre à l'ombre ou être à portée de l'eau; ils sont alors plus susceptibles d'être piqués par les moustiques des forêts.

Les auteurs ont essayé d'appliquer ces considérations générales aux Anophèles qui jouent un rôle dans l'épidémiologie de la malaria aux Philippines et voici quelques conclusions préliminaires relatives à 5 espèces qu'ils ont plus particulièrement étudiées:

L'*Anopheles maculatus* est probablement une espèce peu susceptible, semi-sauvage, à avidité modérée pour le sang humain; mais, par suite de sa distribution très locale, il joue sans doute un faible rôle dans la transmission de la malaria aux Philippines, surtout dans les terres basses.

L'*A. sinensis* possède une susceptibilité faible, sinon négative. D'après la littérature, comme d'après les observations des auteurs, il est extrêmement localisé aux Philippines; il est rare et relativement sauvage. Aussi, quoique les expériences montrent qu'il possède une avidité relativement grande pour le sang humain, il est probable que son rôle dans la transmission de la malaria aux Philippines est négligeable.

L'*A. barbirostris* est relativement sauvage et a la plus faible avidité pour le sang humain. Il a une distribution plutôt étendue, mais sa susceptibilité à l'infection par les parasites malariens est faible. Son rôle est donc tout à fait subordonné.

L'*A. rossii* est l'un des plus domestiques des Anophèles, avec une avidité relativement élevée pour le sang humain. Il est très largement répandu, surtout le long des côtes et dans les terres basses, et il est prépondérant. Sa susceptibilité à l'infection est plutôt faible. Il est possible que cette espèce joue un certain rôle dans la dissémination de la malaria, spécialement le long des côtes.

Enfin, l'*A. febrifer* est à la fois une espèce sauvage et domestique, tout au moins là où il peut se reproduire à l'ombre, avec une avidité relativement élevée pour le sang humain. C'est la plus susceptible des 5 espèces examinées et probablement de toutes les espèces philippines. Si des observations encore en cours d'exécution prouvent qu'il est aussi largement répandu dans tout l'archipel que dans la province de Laguna, l'*A. febrifer* serait le principal agent de propagation de la malaria aux Philippines.

1. *Philippine Journ. of Science*, t. IX, sect. B, n° 5, pp 381-438; sept. 1914 (paru en mars 1915).

LES COLONIES ALLEMANDES

LEUR SITUATION AVANT LA GUERRE ET LEUR AVENIR

Si débordante qu'ait été de tout temps la race germanique, ce n'est que tardivement qu'elle s'est constituée un domaine colonial. C'est vers des pays étrangers, au milieu desquels les Allemands s'établissaient, que les courants d'émigration les ont longtemps portés, et on les a vus créer, en Amérique par exemple, des centres de colonisation que l'on a très justement qualifiés de *colonies spontanées*, alors que plus tard l'évolution de leur politique devait les amener à fonder des colonies véritables, auxquelles convenait par opposition le nom de *colonies impériales*[1] et qui furent officiellement appelées « Territoires de protectorat », *Schutzgebiete*.

A la veille de la guerre actuelle, qui a mis aux prises les plus grandes puissances de l'Europe, l'Allemagne était parvenue à posséder un empire colonial important et en même temps assez bien réparti sur le globe pour fournir à sa politique et à son commerce des points d'attache favorables dans toutes les parties du monde. Il portait sur l'Afrique, l'Asie et l'Océanie.

La population européenne totale des colonies allemandes s'élevait, au 1er janvier 1912, au chiffre de 23.342 individus, dont la majeure partie était fixée dans le Sud-Ouest africain. Mais l'Allemagne n'était pas parvenue, malgré ses efforts, à l'accroitre autant qu'elle l'aurait voulu, ses colonies n'étant pas à proprement parler des colonies de peuplement, et c'est plus encore à travers les pays étrangers qu'avait continué à se répandre le surcroit de sa population.

L'Allemagne avait cependant mis tous ses soins à assurer la meilleure organisation possible de ses colonies et leur développement économique. Elle s'était donné pour tâche de les doter d'un ample réseau de voies ferrées, qui n'était pas éloigné d'atteindre une longueur totale de 4.500 kilomètres. En 1908, avait été créé l'Institut colonial de Hambourg, comprenant une école supérieure et un office central dont le rôle était de concentrer tous les efforts scientifiques et économiques en matière coloniale[1]. Aussi, le mouvement commercial des colonies a-t-il été, dans son ensemble, toujours croissant. De 58 millions de marks en 1900, il était passé cinq ans plus tard à 99, et avait atteint 443.000.000 marks en 1912, dont 248.500.000 pour les importations et 194.800.000 pour les exportations.

Jetons un regard sur l'état dans lequel se trouvaient les diverses colonies allemandes avant la guerre et sur les prévisions d'avenir qu'offrent leurs territoires.

I. — COLONIES D'AFRIQUE

C'est en Afrique que l'Allemagne détenait les possessions les plus étendues. Ses quatre colonies représentent ensemble plus de 2.667.000 kilomètres carrés. La part de celles de l'ouest, sur ce total, est de 87.200 pour le Togo, 750.000 pour le Cameroun, 835.100 pour le Sud-Ouest africain. L'Afrique orientale allemande, la plus vaste des quatre, couvre 995.000 kilomètres carrés.

§ 1. — Togo

Resserré entre la colonie française du Dahomey à l'est, et la Côte d'Or britannique à l'ouest, le Togo ou Togoland s'étend depuis le littoral jusqu'au 11° lat. N., mais, malgré les efforts des explorateurs allemands, son hinterland n'avait pu être poussé jusqu'au Niger, ce qui ne pouvait manquer de lui être défavorable.

Le Togo est très inégalement fertile ; il le doit à la nature de son sol et à son climat[2]. En arrière d'une zone de sable et de lagunes étroites, s'étend une vaste plaine ondulée, au climat tropical et aux pluies équinoxiales, la savane, pays riche en forêts et propre aux cultures arborescentes, cocotiers, cotonniers, baobabs et surtout palmiers à huile. Par endroits, les indigènes se livrent aussi à des cultures variées de céréales et de légumes. Une steppe aride sépare cette zone littorale de la région montagneuse s'étendant plus au nord.

Les chaînes que celle-ci présente sont orientées du nord-est au sud-ouest; hautes de 700 à

1. Henri HAUSER : Colonies allemandes impériales et spontanées (Paris, 1900). — En dehors de cet ouvrage qui, malgré sa date, est resté l'un des meilleurs à consulter sur les colonies allemandes, on se reportera utilement aussi aux chroniques de M. Camille MARTIN dans l'*Afrique Française* et dans la *Quinzaine coloniale*. Spécialement, sur les colonies d'Afrique, il a publié : « Les trente années de la colonisation allemande en Afrique », dans l'*Afrique Française*, janvier-février 1915, *Renseignements coloniaux*, p. 3-18.

1. W. HERKENROTH : L'Institut colonial de Hambourg (*Bulletin de colonisation comparée*, Bruxelles, 20 juillet 1914, p. 302-316).

2. Voir : Camille MARTIN, dans *La Quinzaine coloniale*, 25 juin 1913, p. 426, d'après FR. HUPFEL, directeur de la Cie allemande du Togo (article des *Koloniale Monatsblätter*).

800 mètres, elles sont constituées par des mica-schistes et des quartzites. La partie orientale du pays est généralement faite de gneiss et de granite; à l'ouest, au contraire, on rencontre des terrains de formation plus récente où dominent surtout le grès et l'argile schisteuse. Les pluies sont abondantes. Tandis qu'il tombe de 700 à 800 millimètres en moyenne sur le littoral, la hauteur de pluie atteint 1.500 millimètres au pied des montagnes et même un peu plus dans la région élevée du centre; dans le nord, ce chiffre descend à 1.000 millimètres. Comme le sol est en même temps peu perméable, il y a de nombreuses sources dans la région centrale et beaucoup de rivières.

L'intérieur du pays présente de vastes steppes, mais est couvert aussi de grandes étendues de forêts et les cultures auxquelles il peut le mieux se prêter sont les cacaoyers, les caféiers, les lianes à caoutchouc. Mais, de toutes les ressources du Togo septentrional, celle qui peut avoir le plus d'avenir est l'élevage. Le directeur de la compagnie allemande du Togo, Fr. Hupfel, estime qu'il offre un champ d'activité à peu près illimité. On comptait au Togo, en 1911 : 4.200 têtes de gros bétail, valant 311.000 marks, 12.200 têtes de petit bétail, valant 103.000 marks, et 3.800 volatiles, d'une valeur de 3.800 marks. Mais, jusqu'ici, cet élevage a été exclusivement pratiqué par les indigènes, très mal expérimentés, et l'Administration allemande n'avait rien fait pour l'améliorer et le développer. Ce n'est pas à dire que le Togo ne puisse, si l'on prend des mesures convenables, se prêter à un beaucoup plus grand accroissement de la production agricole qui est encore en majeure partie aux seules mains des noirs. L'allemand Hupfel affirme lui-même que la colonie contient, en abondance, des terres pouvant servir à des plantations. L'explorateur von François estimait jadis que la région élevée du Togo, avec son climat plus sain, ses bois et ses brousses, pouvait devenir la plus riche de la colonie, si des communications faciles la mettaient en relation avec la côte.

Déjà trois lignes de chemin de fer desservent le sud et l'est de la colonie : celle de Lomé à Palime, longue de 122 kilomètres ; celle de Lomé à Atakpamé, 175; celle de Lomé à Anecho, 44. Leurs recettes, en y comprenant celles du wharf de Lomé, se sont élevées, en 1912, à 552.000 marks. Mais le Togo n'a guère de voies navigables que le Mono en aval de Togodo, et la Volta, dont l'embouchure est anglaise; il manque de port naturel et d'autre part, faute d'un hinterland suffisant, ses routes de caravanes sortent du territoire allemand pour atteindre la grande voie naturelle du Niger.

Cette dernière considération ne rendait pas favorable le développement de l'élevage, qui n'est possible que dans le nord; c'est là que vivent quelques familles foulbé. Dans le centre et plus au sud, la mouche tsétsé est abondante; on ne peut y faire d'élevage ni amener le bétail du nord vers la côte.

Aussi les Allemands ont-ils de préférence fait porter leurs efforts sur certaines cultures comme celles du palmier à huile et du caoutchouc. Leurs produits occupent la première place dans les exportations, puis viennent le coton, le cacao[1], le chanvre sisal, le capok, le copra; on peut cultiver aussi le kolatier, le citronnier, l'ananas.

Le commerce total du Togo a atteint, en 1913, 19.768.784 marks, dont 10.631.155 pour les importations et 9.137.629 pour les exportations, ce qui constitue un certain fléchissement par rapport à l'année précédente. L'année 1913 a vu en effet se produire une baisse notable sur certains produits, notamment sur les noix de palme dont l'exportation, évaluée à 11.639.000 kilogrammes en 1912, est tombée à 7.139.000 en 1913, et sur l'huile de palme, qui est descendue de 3.337.000 kilogrammes à 1.173.000; il y a eu baisse également sur l'exportation du caoutchouc et du bétail. Par contre, le maïs a progressé d'une année à l'autre de 1.365.000 kilogrammes à 3.583.000 et le cacao de 283.000 kilogrammes à 335.000[2]. Ce dernier produit a fait de grands progrès au Togo. Pendant les quatre premiers mois de 1914, son exportation a atteint 273.592 kilogrammes, soit le double de la période correspondante de 1913.

Mais, de quelque manière que le Togo soit rattaché plus tard aux colonies qui le touchent, la production de ce territoire et son mouvement commercial ne peuvent manquer de recevoir une très forte extension le jour où, cessant d'être une enclave sans issue, il bénéficiera de voies d'accès qui aujourd'hui ne lui sont pas librement ouvertes.

§ 2. — Cameroun

Le Cameroun offre une situation géographique plus favorable que le Togo au point de vue de ses débouchés. Au nord, il touche au lac Tchad et, depuis la convention du 4 novembre 1911, il s'étend à l'est, par deux antennes qui coupent notre territoire, jusqu'à l'Oubangui et au Congo. Les territoires alors cédés par la France n'ont pas moins de 250.000 kilomètres carrés d'étendue.

1. *Gordian*, XXe année, n° 470, p. 7664-7665, Hambourg, 30 novembre 1914.

2. D'après un rapport consulaire anglais (*L'Afrique Française*, avril 1915, *Renseignements coloniaux*, p. 72).

Mais les Allemands eurent de grands efforts à faire pour pénétrer l'hinterland du Cameroun vers le nord, car il était barré par la grande forêt et habité par des populations hostiles. De nombreuses missions furent envoyées pour étudier l'intérieur du pays et y faire dominer l'influence allemande. Parmi les dernières explorations d'un caractère scientifique, intéressantes au point de vue de la géographie et de la géologie, on peut citer celles du Dr S. Passarge, d'Esch, de Guillemain, et en 1907-1908, de Hassert et F. Thorbecke, envoyés par le Reichs-Kolonialamt[1].

Le Cameroun présente, dans sa partie ouest et nord-ouest, une importante série de formations volcaniques que ces missions ont explorées et étudiées. Le mont Cameroun, proche de la côte, s'élève à 4.055 mètres, et son activité persiste encore, puisqu'une forte éruption a eu lieu en 1909. Plus au nord, d'autres dômes volcaniques sont le mont Muti, qui atteint environ 3.000 mètres, le Manenguba, haut de 2.110 mètres, et qui est essentiellement constitué par du trachyte et du basalte; puis on remonte l'Adamaoua, où quelques sommets, le Tadim, le Sara, dépassent 2.000 mètres. Dans la partie occidentale des massifs volcaniques, du côté de Tinto et de Bamoum, se trouve une région lacustre qui est constituée par de nombreux lacs de cratères; le voyageur Hassert en a étudié en détail sept, dont il a donné de véritables monographies.

La zone cotière, que traversent de nombreux canaux unissant les estuaires des fleuves, forme un marécage très malsain, bordé de forêts inondées. Dès que l'on atteint les premières pentes montagneuses, on se trouve en pleine forêt tropicale, qui monte jusqu'à 2.000 mètres, et dont les fourrés impénétrables sont remplis de baobabs, de cotonniers, de manguiers, de caféiers sauvages, de kolatiers, de lianes à caoutchouc. Au sortir de la forêt, on débouche dans la savane qui s'étend à perte de vue, possédant seulement quelques lignes d'arbres le long des fleuves.

Les conditions climatériques varient avec ces diverses zones. Sur la côte, le climat est tropical. Les pluies sont très abondantes au Cameroun. Des observations faites pendant près de dix ans à Debundscha ont révélé une hauteur moyenne annuelle de pluie de 10.450 mill., répartie sur un total de 263 jours de pluie; à part quelques endroits des Indes, c'est le chiffre le plus élevé de pluie observé jusqu'ici[1].

Le Cameroun est très riche en produits naturels, mais jusqu'ici les Allemands n'ont guère pu mettre en valeur que la région forestière du littoral, et il est permis de croire que les bassins de la Sangha et du Logone, ainsi que l'Adamaoua, peuvent fournir de fructueux terrains de culture. Quant au nouveau Cameroun, constitué aux dépens de notre Congo, les Allemands ne cessent, dans de nombreux travaux récents, de louer sa valeur.

Le mouvement commercial du Cameroun a atteint, en 1912-1913, 52.500.000 marks, dont 23.300.000 pour les exportations et, sur ce chiffre, le caoutchouc sauvage compte pour 11 millions et demi, les amandes et l'huile de palme pour 6 millions et demi. Mais, en même temps, une grande extension a été donnée aux plantations, qui couvrent aujourd'hui 28.200 hectares et occupent 17.800 indigènes. C'est le cacaoyer qui a pris le plus de développement (13.160 hectares); sa production a représenté, en 1912-1913, 4.240.000 marks. On cultive aussi des plantes à caoutchouc et des palmiers à huile, des caféiers, du tabac. Comme autre produit important, il faut citer l'ivoire. Les richesses minérales ont été étudiées, mais sans qu'on puisse enregistrer encore de réel résultat pratique[2].

La population du Cameroun varie avec les régions[3]. Dans la zone forestière, elle appartient à la race bantoue; il y a aussi des Pygmées, habiles chasseurs d'éléphants. Dans le massif de l'Adamaoua et près du Tchad, c'est-à-dire vers le Soudan, on rencontre les Peuls et les Kanouris. Mais, bien que la population indigène soit évaluée à 2.540.000 habitants, l'une des principales difficultés qu'éprouvent les Allemands pour la mise en valeur de la colonie, est l'insuffisance de la main-d'œuvre. Sur la côte surtout, on a beaucoup de peine à faire travailler la population. Les Européens ne sont pas nombreux; il n'y en a guère que 1.500.

1. Berichte über die landeskundliche Expedition der Herren Hassert und Thorbecke in Kamerun (*Mitteilungen aus den Deutsch Schutzgebieten*, XXI, 1908, p. 3-12, 157-162, 189-199); Kurt HASSERT : Vorlaüfiger Bericht über einige Ergebnisse der Kamerun-Expedition 1907-8 des Reichs-Kolonialamtes (*Geographische Zeitschrift*, XIV, 1908, p. 625-628); Forschungs-Expedition ins Kamerun-Gebirge und ins Hinterland von Nordwest-Kamerun (*Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, 1910, p. 1-35); Das Kamerungebirge (*Mitt. aus den Deutsch Schutzg.*, XXIV, 1911, p. 55-112, 127-181); Seenstudien in Nord-Kamerun (*Zeitsch. der Ges. fur Erdk. zu Berlin*, 1912, p. 7-41, 135-144, 203-216). — Voir aussi : Paul LEMOINE, Récentes explorations au Cameroun (*La Géographie*, tome XVIII, 1908, p. 403-406; *Annales de Géographie*, tome XVII, 1908, p. 469-470).

1. J. HANN : Klimatabellen für Kamerun (*Meteorologische Zeitschrift*, XXI, 1904, p. 541-547).

2. PAUL LEMOINE : L'étude des richesses minérales du Cameroun allemand (*La Quinzaine coloniale*, (25 mai 1908, p. 446-447).

3. Grassland and forest in Kamerun (*The Scottish geographical Magazine*, septembre 1914, p. 480-483; d'après les travaux du Dr LEO WAIDEL dans le *Geographische Zeitschrift*).

Une des conditions qui s'impose aussi pour que la colonie puisse progresser, c'est la création de voies ferrées. Jusqu'ici elle n'a que 300 kilomètres de rail. Du port de Duala partent deux lignes, l'une dirigée vers le nord, l'autre vers l'est; les Allemands se proposaient de poursuivre cette dernière vers le confluent du Ngoko et de la Sangha.

§ 3. — Sud-ouest africain

Ce n'est plus à l'Afrique tropicale qu'appartient la colonie du Sud-Ouest africain allemand, comme le Cameroun, c'est de l'Afrique du sud qu'elle fait partie. Son climat est beaucoup plus tempéré et salubre sur sa plus grande étendue, et il y pleut fort peu. Sur la côte, grâce à l'influence d'un courant froid qui y règne, la température moyenne, auprès du territoire anglais de Walfish-Bay, ne dépasse pas 16°6, et il n'y tombe par an que 7 millimètres d'eau et 44 à Angra Pequeña. Aussi les Allemands ont-ils pu considérer leur colonie du sud-ouest comme étant une colonie de peuplement, et, de fait, elle est arrivée à avoir une population blanche de 15.000 personnes. Néanmoins, cette colonie n'était pas sans présenter des conditions assez désavantageuses pour le rôle qu'on lui assignait.

D'abord, cette étendue considérable de territoire renferme de très vastes régions désertiques. La côte, sur toute sa longueur, présente une bande de terres stériles, connue sous le nom de Namib ou désert. Elle est constituée par des dunes et des débris des roches anciennes, gneiss, granites, schistes, qui formaient la base du terrain. Quelques rares cours d'eau coupent seuls ce sol desséché. A l'intérieur, en arrière de cette ligne désertique côtière, on s'élève vers une plate-forme montagneuse, faite aussi de roches cristallines, qui comprend, du sud au nord, trois régions distinctes : le Gross Namaland, le Damaraland, le Kaokoveld, dont l'une, la seconde, est hérissée de sommets qui atteignent jusqu'à 2.680 mètres. Ces hautes terres rocheuses, mieux arrosées que la côte, descendent à l'est vers le Kalahari[1], vaste dépression désertique occupant le centre de la partie méridionale du continent africain.

La population est en rapport avec les conditions physiques du pays; elle n'atteint pas le chiffre de 90.000 indigènes, ce qui est insignifiant pour une possession grande comme une fois et demie l'Allemagne, et encore les Allemands n'ont-ils pas eu à se louer de leurs rapports avec toutes ces peuplades.

Dans le Gross Namaland, vivent les grands Namaquas, qui sont des Hottentots, race dont la peau est de couleur claire; c'est un peuple paresseux, dont les Allemands eurent à réprimer une révolte dès le début de leur protectorat. Plus au nord, habitent les peuples bantous, parmi lesquels sont les Hereros, répandus dans le Damara et les plus importants numériquement, dont les Allemands ont eu à combattre une longue insurrection; ils l'ont fait d'ailleurs avec une très grande dureté, ce qui a beaucoup diminué leur nombre. Enfin, des Bushmen sont épars dans le nord de la colonie et dans les steppes du Kalahari. Avec une population aussi réduite et aussi mal assimilée, la main-d'œuvre devait forcément être insuffisante.

Pendant longtemps, ce pays désert n'avait fourni de ressources que par les produits de la côte : pêche, capture des phoques, guano. Pour pouvoir tirer parti de l'intérieur, il fallait franchir la zone côtière si peu praticable et pénétrer sur les hauts plateaux; les Allemands n'y sont arrivés qu'au prix de nombreuses difficultés[1]. Ils ont pu faire quelques plantations, mais on ne peut guère compter dans ce pays, dont tant de parties sont mal arrosées, sur un grand développement de l'agriculture. L'Amboland, au nord, est une des régions les plus favorisées. Les principales cultures que l'on a essayées sont la canne à sucre, le tabac, le coton. Il paraît y avoir davantage à attendre de l'élevage, qui peut porter sur le bétail bovin et ovin, ainsi que sur les chevaux, mulets et porcs, et également sur les autruches. L'importance des troupeaux s'est de beaucoup accrue. De 1907 à 1913, le bétail est monté de 73.300 têtes à 205.600, les moutons à laine sont passés de 11.700 têtes à 53.600, les autruches de 130 à 1.500.

Une autre source de richesse importante, susceptible d'un très grand accroissement, est fournie à la colonie par les produits miniers et les pierres précieuses. De nombreux gisements métalliques, or, fer, cuivre, étain, sont contenus dans les roches anciennes qui forment le sol même de la colonie. Les mines de cuivre de la région d'Otavi et de Tsumeb ont déjà donné des résultats avantageux; en 1913, on a extrait 54.100 tonnes de cuivre[2]. D'autres produits

1. Le désert de Kalahari, qui couvre une grande partie du Bechuanaland britannique et dont le bord occidental porte seul sur le Sud-ouest africain allemand, a été exploré et étudié par le voyageur allemand SIEGFRIED PASSARGE. Voir, sur ses travaux: *Annales de Géographie*, *XV*e *Bibliographie géographique annuelle*, sous la direction de LOUIS RAVENEAU, 1905, n° 927; XVIIe *Bibl.*, 1907, n° 950.

1. Henri HAUSER : Colonies allemandes impériales et spontanées, p. 47 et suiv.

2. *La Dépêche coloniale*, 5 juillet 1914.

miniers sont susceptibles aussi d'exploitation et il faut citer encore, comme richesse du sol, les marbres dont il existe de belles variétés [1]. Enfin le diamant, découvert dans la baie de Luderitz en 1908, paraît offrir un grand avenir. On en trouve tout le long de la côte, sur une vaste étendue; et comme ces diamants ne s'y rencontrent que par l'effet d'un déplacement, il se peut même que l'on arrive à découvrir leurs gisements primitifs [2]. L'extraction du diamant, qui procure d'ailleurs à la colonie la majeure partie de ses ressources, a produit en 1912-1913, 30 millions de marks. Le chiffre total du commerce, en 1912, a été de 71.500.000 marks, dont 32.500.000 pour les importations et 39.000.000 pour les exportations.

La configuration même du pays rendait plus nécessaire encore que partout ailleurs, pour sa mise en valeur, la création de voies ferrées de pénétration [3]. Une première ligne a mis en communication le port allemand de Swakopmund avec les gîtes cuprifères d'Otavi et de Tsumeb; une autre, plus au sud, est dirigée de Lüderitzbuch vers l'intérieur. Ces deux lignes se trouvent réunies entre elles par une troisième qui suit dans sa longueur la plate-forme intérieure en passant par Karibib-Windhuk-Seeheim-Kalkfontein.

§ 4. — Afrique Orientale allemande

La plus considérable en étendue des colonies africaines de l'Allemagne, l'Afrique Orientale, située plus au nord que le Sud-Ouest Africain et traversée par l'équateur, présente des conditions climatériques très diverses et l'on estime qu'un sixième environ du territoire peut être utilisé.

En bordure de l'océan Indien, l'Afrique Orientale allemande occupe, au sud de l'Afrique Orientale anglaise, une partie de ce vaste plateau intérieur compris entre la côte et les grands lacs, si remarquable par les longues lignes de fracture que le sillonnent et les hautes montagnes qui s'y dressent.

Très intéressant au point de vue de la géologie et de la géographie physique, ce pays offre un champ d'étude très vaste aux explorateurs et les Allemands n'ont pas manqué d'y envoyer des missions scientifiques nombreuses. On peut citer, parmi les plus fructueuses, celle dirigée par C. Uhlig qui, en 1904, a visité l'Ousambara et le Kilimandjaro, et fait l'ascension du Kibo, l'un des sommets de cette haute montagne déjà gravie par le Dr Hans Meyer en 1889, ainsi que du Merou, qui est aussi une haute masse volcanique. Cette expédition a apporté des notions nouvelles sur les conditions topographiques et géologiques du grand fossé de l'Est Africain qui sont beaucoup plus complexes qu'on ne l'aurait pu croire. Fritz Jaeger, qui avait déjà accompagné la mission Uhlig en 1904, a fait un nouveau voyage dans la région du Kilimandjaro en 1906-1907 et en a étudié les zones de végétation, les glaciers, le climat [1]. Le Suédois Yngve Sjöstedt avait aussi en 1905-1906 étudié la même région, mais spécialement au point de vue de la zoologie, et il en a rapporté de nombreux et précieux documents [2].

L'Afrique Orientale Allemande n'est pas moins intéressante par sa population, qui présente des races très variées. Les Bantous en forment certainement la partie sédentaire la plus notable; mais il y a aussi des peuplades nilotiques, parmi lesquelles les Massaï, vivant dans une vaste steppe, sont des bergers nomades, de caractère guerrier, qui pillent les agriculteurs sédentaires. Sur la côte sont mélangés les peuples les plus divers, Arabes, Persans, Baloutches, Hindous, Comoriens, venus avant les Européens pour exploiter les produits du pays. Comme population on ne compte pas moins de 7 millions et demi d'habitants, sur lesquels il y en a bien 15.000 qui ne sont pas des autochtones. La population blanche se composait, au 1er janvier 1913, de 5.336 individus, dont 4.170 Allemands.

Quelles ressources les Allemands ont-ils pu tirer de cette colonie? Des ressources agricoles surtout, et c'est du côté des plantations que s'oriente la colonisation. Elles se développent principalement dans la zone littorale, sur le plateau de l'Ousambara et sur le versant méridional du Kilimandjaro et du Merou. Le café a semblé d'abord être la culture présentant le plus d'avenir; puis on s'est mis à cultiver le caoutchouc, la vanille, les cocotiers, le coton, le chanvre sisal. Quant aux minéraux, il ne semble pas jusqu'ici qu'ils soient très abondants; cependant on a trouvé de l'or et il se peut qu'il en existe davantage dans des régions encore inexplorées.

1. On trouvera énumérés divers travaux concernant les marbres de l'Afrique sud-occidentale allemande dans les *Annales de Géographie*, XXe *Bibliographie géographique annuelle*, 1910, n° 928.

2. Des travaux relatifs aux diamants sont énumérés dans le volume sus-indiqué, n° 927.

3. SALESSES : Les chemins de fer africains dans leur état actuel (*La Géographie*, 15 mai 1914, p. 320). M. Salesses présente d'intéressantes remarques sur les maladresses commises par les Allemands dans cette colonie.

1. On trouvera indiqués les divers travaux de MM. UHLIG et et JAEGER, au cours de ces missions, dans les *Annales de Géographie*, XIVe *Bibl. géogr. ann.*, 1904, n° 881; XVe, 1905, n° 911; XVIe, 1906, n° 922; XVIIe, 1907, n° 923; XVIIIe, 1908, n° 939; XIXe, 1909, n° 960; XXe, 1910, n° 950; XXIe, 1911, nos 862 et 864.

2. Ibid., XXe *Bibl. géogr. ann.*, 1910, n° 956.

Mais ce qui a longtemps fait défaut à la colonie pour recevoir un plus complet développement, ce sont les voies de communication. Aujourd'hui, elle possède deux lignes de pénétration : celle de l'Ousambara, longue de 352 kilomètres, qui part de Tanga, sur la côte, pour aboutir au pied du Kilimandjaro; celle qui, partant de Daressalam, gagne le lac Tanganyika après un parcours de 1.250 kilomètres. C'est le 1er février 1914 que la ligne a atteint ce point, et, quand la guerre a éclaté, l'Allemagne se disposait à fêter solennellement cet événement. De ces lignes l'Allemagne se proposait de faire les amorces de grandes voies de pénétration au centre du continent noir et, non sans raison, elle pouvait en attendre d'importants résultats économiques[1].

La construction de ces voies ferrées a donné une impulsion nouvelle au développement des plantations. Celles-ci couvrent aujourd'hui 100.000 hectares environ : le caoutchouc en occupe 45.000, le chanvre sisal 24.700, le coton 13.000, les cocotiers 8.000, le café 4.800. Le mouvement commercial de la colonie, en 1912-1913, s'est chiffré par 81.200.000 marks, dont 49.800.000 pour les importations.

II. — Colonie d'Asie

En Asie, les Allemands possédaient une seule colonie, le territoire de Kiao-Tchéou, dans la province du Chantoung, qui s'étendait sur environ 500 kilomètres carrés, et dont la capitale en même temps que le port principal était Tsing-Tao. L'occupation de ce territoire par les Japonais, après la prise de Tsing-Tao, porte un coup fatal à l'influence et au prestige de l'Allemagne en Extrême-Orient.

L'intérêt que les Allemands portaient au développement de leur possession s'est manifesté par les diverses missions qu'ils y ont envoyées en vue surtout d'étudier le Chantoung, où ils comptaient bien s'installer peu à peu ainsi que dans le Chansi.

Une exploration accomplie dans le Chantoung en 1902 par Th. Lorenz a précisé et accru les connaissances géologiques que l'on possédait sur cette province chinoise[2]. Après de longs voyages dans diverses parties de la Chine, Georg Wegener est venu aussi explorer le Chantoung et il a publié un exposé détaillé sur cette province et sur le territoire allemand, ayant le soin de mettre en relief la situation mondiale du port et de l'arrière-pays[1]. D'importants travaux topographiques ont été exécutés; dès 1902, des guides ont été publiés faisant connaître l'état du pays à tous points de vue[2]. Il s'est d'ailleurs développé très rapidement dès les débuts de l'établissement du protectorat[3].

Les Allemands se sont efforcés d'attirer vers le port de Tsing-tao tous les produits de l'intérieur. Ils ont entrepris dans ce but un chemin de fer de Tsing-tao à Tsi-nan-fou, et se sont fait attribuer la haute main sur son administration; avant la fin de 1913, ils avaient fait aboutir des négociations en vue de la construction de deux nouvelles voies ferrées, l'une dans l'ouest du Chantoung, destinée à relier Tsing-tao au chemin de fer Pékin-Hankeou, et par là même au Tchili et au Chansi, l'autre au sud pour atteindre la province du Honan. Néanmoins, l'importation des marchandises d'origine chinoise s'est trouvée diminuer dans ces derniers temps[4]. Mais, avant la guerre, le port de Tsing-tao faisait aussi un commerce important avec Vladivostok. En outre, les Allemands avaient cherché à créer de nouvelles ressources pour leur possession en y développant des établissements industriels. D'abord, ils ont obtenu la cession à la compagnie du chemin de fer de la propriété des gisements de fer situés à quelques kilomètres au nord de la ligne. Diverses usines et fabriques ont été créées déjà au Kiao-Tchéou[5]; on projette même de construire deux hauts fourneaux dans le port de Tsing-tao.

L'importance prise par le territoire de Kiao-Tcheou est révélée par le chiffre de sa population européenne qui, non compris l'élément militaire, s'élevait, en 1913, à plus de 2.000 personnes. Le chiffre des opérations commerciales a atteint, en 1913, 179.900.000 marks, dont 105.900.000 pour les importations et 74.000.000 pour les exportations, surpassant de plus du double celui de l'Afrique Orientale qui vient au second rang.

III. — Colonies d'Océanie

Les possessions allemandes d'Océanie forment, au point de vue administratif, deux colonies distinctes[6].

1. Camille Martin : L'achèvement du chemin de fer du Tanganyka. Ses futurs prolongements et embranchements (*La Quinzaine coloniale*, 25 février 1914, p. 174).

2. Voir : *Ann. de Géogr.*, *XVIe Bibl. géogr. ann.*, 1906, n° 621.

1. Georg Wegener : Das Kiautschougebiet, Leipzig et Vienne, 1910. Voir : *Ann. de G.*, *XXe Bibl.*, 1910, n° 649.

2. *Ann. de géogr. XVe Bibl.*, 1905, n° 623.

3. André Brisse : Développement du territoire allemand de Kiao-Tcheou. (*Ann. de Géogr.*, 11e année, 1902 (15 mars), p. 177-180).

4. Camille Martin : Kiaotcheou (*La Quinzaine coloniale*, 10 mars 1914, p. 168).

5. *Deutsche Kolonialzeitung*, Berlin, 1914, n. 32.

6. Sur les colonies allemandes d'Océanie : Henri Russier : Le partage de l'Océanie (Paris, 1905; chap. IX, les colonies allemandes, p. 330-356). — Consulter aussi : *L'Océanie Française, Bulletin mensuel du Comité de l'Océanie Française.*

La première est celle de la Nouvelle-Guinée, dont dépendent un certain nombre d'autres îles et archipels. On peut y distinguer géographiquement deux groupes : le groupe mélanésien, le plus étendu, comprenant, avec la Nouvelle-Guinée allemande, l'archipel Bismarck et les îles Salomon; puis, le groupe micronésien dont dépendent les Marshall, les Carolines et les Mariannes.

La seconde colonie est formée par le groupe des Samoa.

§ 1. — Nouvelle-Guinée et dépendances

La partie de la Nouvelle-Guinée qui appartient à l'Allemagne est le nord-est de l'île, auquel a été donné le nom de terre de l'Empereur Guillaume et qui représente 181.650 kilomètres carrés. L'archipel Bismarck, d'une étendue de 47.100 kilomètres carrés, comprend la Nouvelle-Bretagne devenue la Nouvelle-Poméranie, la Nouvelle-Irlande appelée Nouveau-Mecklembourg, l'île du duc d'York appelée Nouveau-Lauenbourg. Les plus occidentales d'entre les Salomon, Buka et Bougainville, entrent dans ce même groupe, où elles comptent pour 10.000 kilomètres carrés.

La Nouvelle-Guinée allemande est encore très mal connue. Néanmoins, de même que les Anglais et les Hollandais dans les parties de cette île qu'ils occupent, les Allemands ont entrepris, dans leur colonie, des explorations dont nous avons déjà donné ici un aperçu [1].

Parmi les dernières ayant porté sur la Nouvelle-Guinée allemande et ses dépendances du groupe mélanésien, il faut signaler encore, comme l'une des plus importantes au point de vue scientifique, celle envoyée en 1908 par le Reichs-Kolonialamt, et qui a été dirigée par l'ethnographe Georg Friederici et le géographe Karl Sapper. Elle a visité la terre de l'Empereur Guillaume, l'archipel Bismarck et les îles allemandes de l'archipel Salomon, et a rapporté des renseignements sur la géographie, la géologie, le climat, les populations, la faune et la flore de ces contrées [2].

1. *Revue générale des Sciences*, 15 septembre 1913, p. 647-649. — En ce qui concerne la mission dirigée par le Dr Stolle, dont nous avons parlé, et qui a exploré le fleuve Sepik et toute la région montagneuse à laquelle se rattache son bassin, on trouvera un exposé de ses résultats scientifiques dans : *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, 1914, n° 4. La mission comprenait avec le Dr Stolle, géologue, le botaniste Ledermann, le médecin et zoologiste Bürgers, le Dr Rösicke, ethnographe, le Dr Behrmann, géographe, auxquels s'ajouta en 1913, comme second ethnographe, le Dr Thurnwall.

2. Les travaux scientifiques dus à cette exploration sont cités et analysés dans : *Annales de Géographie*, *XXe Bibliographie géographique annuelle*, 1910, n° 791 ; *XXIIe Bibl.*, 1912, n° 679.

La lenteur et les difficultés de cette pénétration n'ont pas été faites pour permettre une mise en valeur rapide du pays, alors surtout qu'on y rencontrait un climat insalubre et des populations anthropophages hostiles. En outre, la Neu-Guinea Kompagnie, fondée en 1884, et qui fut investie de droits de souveraineté, montra une grande impéritie dans son administration, changea à plusieurs reprises le siège du chef-lieu de la colonie, hésita sur le choix des meilleurs emplacements de culture et manifesta des hésitations semblables dans l'établissement des voies de communication [1]. Malgré les progrès réalisés depuis, le groupe mélanésien est loin d'avoir donné encore la mesure de sa valeur économique, car toutes ses îles sont extrêmement fertiles.

De toutes les cultures entreprises jusqu'à ce jour sur la terre de l'Empereur Guillaume, la plus prospère de beaucoup est celle du cocotier, arbre qui rencontre des terrains très favorables au voisinage des nombreux et souvent larges cours d'eau qui arrosent la colonie. Elle a été particulièrement développée dans la région de Stephansort et auprès de l'embouchure du Gogol. On a pu constater récemment que, dans les territoires bordant le fleuve Markham, il existait environ 32.000 pieds de cocotiers, plantés par les indigènes. La Nouvelle-Guinée allemande est arrivée à exporter pour 4.500.000 marks de copra. Le coton a donné aussi d'excellents résultats et c'est également à Stephansort qu'il a le mieux réussi. Il faut signaler encore la richesse de la colonie en gutta-percha, et, parmi les autres produits, on peut citer le café, le caoutchouc, le cacao, la vanille, l'agave. Il existe dans l'île un fruit oléagineux, fourni par le *Canarium polyphyllum*, de la famille des Burséracées, qui rappelle la noix et, comme elle, est comestible et fournit une huile [2]. On a fait de l'élevage vers la partie inférieure du Sépik ou fleuve Kaiserin-Augusta. Les Allemands ont fait de notables dépenses en vue d'assurer une exploitation plus extensive de leur colonie; ils ont créé notamment des stations agricoles, un jardin botanique à Rabaul, dans la Nouvelle-Poméranie, un laboratoire agronomique, une station d'élevage.

L'île abonde en oiseaux aux riches parures. Les oiseaux de paradis sont nombreux et aussi les plus recherchés; le plus beau est le « paradis jaune ». Il se fait un important commerce des plumes de ces oiseaux et, pour assurer la conservation d'espèces aussi précieuses, le gouvernement, en 1914, n'avait pas délivré de permis pour

1. Pierre DECHARME : Compagnies et sociétés coloniales allemandes, Paris, 1903, in-8° ; p. 135 et s.

2. *L'Océanie Française*, juin 1913, p. 187.

leur chasse. Un autre oiseau remarquable qui menace de disparaître est le pigeon couronné.

La Nouvelle-Guinée possède aussi des richesses minières que l'on commence à peine à exploiter. Le Waria, ou fleuve du Kaiser-Wilhelmsland, large de 100 à 200 mètres et qui se jette dans l'océan Pacifique près de la frontière anglaise, charrie, ainsi que ses affluents, de l'or qui paraît être arraché des hautes montagnes dont ces cours d'eau sont issus. Des sociétés ont été constituées pour son exploitation. Des gîtes pétrolifères produisant une huile analogue à celle que l'on trouve dans la Nouvelle-Guinée néerlandaise ont été découverts dans le nord-ouest du Kaiser-Wilhelmsland.

Si le développement agricole de la terre de l'Empereur Guillaume n'a cessé d'être lent, la prospérité de l'archipel Bismarck s'est au contraire accrue très rapidement. Aussi est-ce sur l'île de la Nouvelle-Poméranie, après avoir été souvent déplacée, que la capitale des établissements allemands de la Nouvelle-Guinée a été finalement transportée, à Herbertshöhe d'abord, et en dernier lieu à Rabaul. Cette île peut être regardée comme l'une des plus vastes plantations de cocotiers du monde entier ; on y emploie un millier d'indigènes. La culture du coton est également développée, mais elle ne vient qu'au second rang. Dans les régions montagneuses de la Nouvelle-Poméranie et du Nouveau-Mecklembourg, on rencontre quelques hauts plateaux où des colons européens pourraient fort bien se livrer à l'agriculture et notamment cultiver du café.

L'archipel des Salomon forme une double chaîne d'îles s'étendant à l'est de la Nouvelle-Poméranie. Elles sont montagneuses comme celles de l'archipel Bismarck, mais d'une plus haute altitude ; l'une des deux îles allemandes, Bougainville, atteint 3.067 mètres au mont Balbi. Les îles Salomon sont encore imparfaitement explorées, les cannibales qui les habitent en rendant l'accès difficile.

S'il est composé d'îlots très nombreux, pas moins de quatre à cinq cents, le groupe micronésien des possessions allemandes océaniennes, rattaché à la Nouvelle-Guinée, ne présente au point de vue économique qu'une valeur de second ordre. Les Marshall, Mariannes et Carolines, îles généralement peu élevées au-dessus de la mer, ont pour unique richesse le cocotier. Leur étendue totale est peu considérable : 2.500 kilomètres carrés environ[1].

1. On trouvera cité dans H. RUSSIER : Le partage de l'Océanie, p. 352, les principaux travaux allemands sur la valeur de ces îles.

Le plus riche des atolls des Marshall est celui de Jaluit, siège d'une société allemande et de laquelle on exporte beaucoup de copra. Les anciennes colonies espagnoles passées à l'Allemagne en 1899, Carolines avec le groupe occidental des Palaos, et Mariannes, ont vu leur commerce progresser, mais il est limité au copra, ce qui le met à la merci des variations de prix de cette substance.

Le commerce du groupe de la Nouvelle-Guinée s'est élevée en 1912 à 21.300.000 marks, dont 9.200.000 pour les importations et 12.100.000 pour les exportations. Au 1er janvier 1914, la population européenne de la Nouvelle-Guinée, non compris les îles Palaos, Carolines et Marshall, comptait 1.130 individus (162 de plus que l'année précédente). Ces derniers groupes, d'après un recensement fait en 1911, ne possédaient que 87 habitants européens, dont 75 Allemands, et 89 Japonais.

§ 2. — Iles Samoa

De l'archipel des Samoa, dont la superficie totale est de 2.787 kilomètres carrés, ce sont seulement les deux plus grandes qui, en vertu de l'arrangement de 1899, appartiennent à l'Allemagne : Savaii (1.700 km²), Upolu (875 km²). Iles volcaniques fertiles au climat doux et sain, quoique tropical, au sol bien arrosé, elles constituent des possessions d'une grande valeur tant au point de vue colonial qu'au point de vue stratégique[1].

De même que dans la plupart des îles océaniennes, la principale richesse des Samoa est le cocotier, mais elle n'est pas susceptible d'une extension indéfinie. Aussi a-t-on introduit avec raison d'autres cultures comme celle du cacaoyer, qui a fait de grands progrès[2]. Mais le cocotier et le cacaoyer ont à subir beaucoup de ravages du fait de la présence d'insectes nuisibles, principalement des scarabées, et l'on doit faire beaucoup de dépenses pour les détruire. On a développé aussi à un moment les plantations caoutchoutifères, mais à raison de la crise du caoutchouc, on propose aujourd'hui de les remplacer par des cacaoyers ou des cocotiers[3]. On s'est attaché également à la culture du café.

Mais ce qui nuit le plus au progrès de l'agriculture aux Samoa, c'est l'insuffisance de la main-d'œuvre. La population blanche, au 1er janvier 1911, ne comptait que 491 personnes, presque

1. DANIEL BELLET : La valeur économique des Samoa (*Annales de Géographie*, 1899, p. 370) ; E. PELLERAY : Les Allemands aux Samoa (*L'Océanie Française*, mai 1912, p. 101-106).

2. DEEKEN : Die Aussichten der Kakaokultur auf Samoa (Oldenburg, 1902).

3. *L'Océanie Française*, février 1914, p. 55.

toutes d'origine allemande. En outre, il existe une population métisse qui, à la même date, s'élevait à un millier de personnes et dont on cherche à diminuer la progression. Quant à la population indigène, on l'évalue aujourd'hui à 33.600 individus, mais sa paresse est telle qu'on ne saurait compter sur elle pour la mise en valeur du sol, de telle sorte qu'il a fallu recourir aux indigènes des archipels voisins, puis aux Chinois; cette question de la main-d'œuvre est l'une des plus graves qui se pose pour les Samoa. Le commerce a pu néanmoins prendre un assez notable développement; il s'est élevé en 1912 à 10.000.000 marks, chiffre à peu près également partagé entre importations et exportations.

Gustave Regelsperger.

LA FABRICATION DE L'HYDROGÈNE

POUR LE GONFLEMENT DES BALLONS[1]

L'emploi de l'hydrogène pour le gonflement des ballons remonte presque à la création de ceux-ci : déjà les frères Montgolfier, dont le premier succès date de 1783, avaient essayé — mais infructueusement — de gonfler d'hydrogène un ballon en papier, mais le gaz s'échappait par les moindres ouvertures et se diffusait à travers l'enveloppe. Dès 1793, toutefois, l'opération, déjà tentée avec succès par le physicien Charles, fut rendue industrielle par Coutelle, commandant du premier bataillon d'aérostiers, grâce à l'emploi du procédé de Lavoisier : l'hydrogène provenait, non de l'attaque du fer par l'acide sulfurique étendu, mais de la dissociation de la vapeur d'eau par le fer rouge. La réaction exigeait un énorme fourneau dont la production restait minime : 20 mètres cubes à l'heure, c'est-à-dire que 30 heures étaient nécessaires pour gonfler un ballon d'une dizaine de mètres de diamètre, et il fallait revenir à l'usine pour chaque regonflement. Ces difficultés causèrent, en 1799, l'abolition du corps des aérostiers par le Directoire, et l'aérostation militaire disparut, pour ainsi dire, jusqu'au siège de Paris. Personne n'a oublié les fameux « ballons du siège » et les péripéties de leurs voyages au-dessus de la France envahie. Ils étaient, d'ailleurs, gonflés au gaz d'éclairage et non à l'hydrogène ; leur force ascensionnelle était donc notablement moindre, puisque celle de l'hydrogène est de 1.200 grammes par mètre cube, et celle du gaz de houille de 750 grammes environ.

Après la guerre, une Commission dont le colonel Laussedat était président, et dont le capitaine — depuis colonel — Ch. Renard était le secrétaire et la cheville ouvrière, étudia la reconstitution de l'aéronautique militaire sous une forme adaptée aux besoins des armées modernes : de là est issu l'Établissement militaire de Chalais-Meudon, dont le capitaine Ch. Renard eut la direction, et où il se distingua si remarquablement par tant de vues nouvelles et de recherches originales sur la technique du ballon libre ou captif, sur les dirigeables, sur la fabrication de l'hydrogène. Cette sollicitude pour l'aérostation ne l'empêchait pas de prédire l'avenir du « plus lourd que l'air », dès que l'industrie fournirait aux aéronautes un moteur à la fois assez léger et assez puissant : nous avons vu se réaliser complètement ce pronostic.

Pour nous borner à ce qui concerne expressément notre sujet, nous dirons que le capitaine Renard a étudié la plupart des procédés préconisés pour la fabrication industrielle de l'hydrogène, procédés soit chimiques, soit électrolytiques. Nous les passerons brièvement en revue, en adoptant l'ordre suivi par le chef de bataillon du génie Richard, dans une remarquable étude d'ensemble publiée, il y a quelques années, par la *Revue générale de Chimie pure et appliquée*.

***

L'hydrogène peut être extrait : 1° de l'eau, par l'oxydation d'un corps tel que le fer (procédé Lavoisier) ou le silicium ; 2° des acides, tels que HCl, attaqués par les métaux alcalins, le bore, le silicium ; 3° de l'ammoniaque traitée par la chaleur, par les métaux, par le bore ; la décomposition de l'acétylène en carbone et hydrogène (procédé Hubou) est de la même catégorie ; 4° par réaction d'un alcali sur une matière organique, par exemple de la chaux sur la sciure de bois.

Beaucoup de ces procédés ont surtout un intérêt théorique. Au contraire, dès 1875-1880, le capitaine Renard rendait pratique sur une grande

1. Voir, dans la *Revue* du 30 avril 1915, p. 245, le précédent article du même auteur : Les derniers types de dirigeables et leur rôle dans la guerre actuelle.

échelle le vieux procédé de l'attaque de l'acide sulfurique étendu par la grenaille de fer ou de zinc, en l'améliorant fortement par l'application de la circulation méthodique : l'acide frais épuisant d'abord la grenaille de fer la plus attaquée, et rencontrant des couches de moins en moins sulfatées, de façon à utiliser le plus complètement possible les deux réactifs (cette méthode est d'ailleurs classique dans l'industrie, et s'applique à de nombreux traitements par dissolution). Toutefois, ce matériel n'était pas encore portatif.

Nous n'insisterons pas sur les essais d'une autre méthode, par chauffage d'un mélange de glycérine et de soude, dit *gazéine*, qui s'appliquait bien à des installations mobiles, mais risquait de donner lieu à des accidents graves, la réaction étant violente et irrégulière.

Les études poursuivies à Chalais dans d'autres directions aboutirent, en 1885, à la constitution d'un matériel régimentaire, sur voitures, utilisant toujours la réaction de l'acide sulfurique, mais avec remplacement du fer par du zinc : ce matériel est resté longtemps en usage dans les parcs de campagne et de places fortes. Nous nous bornerons à renvoyer à l'étude précitée pour les détails de cette fabrication, qui n'a plus guère, aujourd'hui, qu'un intérêt historique. La voiture de campagne, utilisant deux tonnes de zinc en grenaille pour un gonflement de 600 m. cubes, comportait un double générateur, à marche continue, un bac à acide, un vase de mélange et un laveur; l'épurateur et le sécheur des usines fixes étaient supprimés. Le transport du métal et surtout celui de l'acide auraient été, en cas de guerre, fort difficultueux; aussi un perfectionnement notable résulta-t-il du ravitaillement des parcs en tubes d'hydrogène comprimé au lieu de la fabrication de ce gaz sur place [1]. Dans ce cas, le gaz est préparé en usine fixe, et on a le choix entre de nombreux procédés.

Ici, outre les procédés chimiques, on peut utiliser l'électrolyse de l'eau ou d'une solution alcaline. Ici encore, nous retrouvons l'activité inlassable du colonel Renard, qui prit le procédé à l'état d'expérience de laboratoire, et arriva à le rendre industriel, en même temps que le physicien russe Latchinoff. Il s'attacha surtout au dosage d'une solution de soude, qu'il électrolysait entre des électrodes en tôle concentriques, séparées par un espace minimum, et cependant ne pouvant venir en contact, grâce à des cloisons en tissu d'amiante. Ce procédé, il est vrai, était coûteux, mais il a pris un tout autre aspect quand, vers 1900, l'industrie chimique de la soude monta d'importantes usines fabriquant à la fois, par électrolyse du chlorure de sodium, la soude comme produit principal, et l'hydrogène comme produit accessoire, donc à un prix de revient très avantageux. Les réactions, sous leur forme la plus simple, peuvent s'exprimer ainsi :

$$2\,NaCl = Na^2 + Cl^2$$
$$Na^2 + 2\,H^2O = 2\,NaOH + H^2$$

A Griesheim, près Francfort, l'usine de soude de la Chemische Fabrik Griesheim Elektron est reliée par tout un réseau de distribution au parc aérostatique de Francfort, et une succursale de cette Société, installée à Lamotte-Guise, près Compiègne, fournissait — avant la guerre — du gaz de même origine aux Etablissements Clément-Bayard, fabrique de dirigeables réputée, installés à Lamotte-Breuil. Nous ignorons ce que sont devenues ces intallations, encore situées en pleine zone d'opérations militaires.

Quoi qu'il en soit, l'hydrogène produit par un procédé quelconque (et, dans la catégorie des procédés électrolytiques, on peut citer ceux de Schuckert, Garuti, Schmidt, etc.) devint d'emploi usuel, en France, en Allemagne et en Angleterre, sous forme de gaz comprimé en tubes. A la même époque, en effet, le problème du ravitaillement en gaz prenait une ampleur singulière, par la construction, dans les principaux pays, de dirigeables aux dimensions sans cesse croissantes; nulle part ailleurs qu'en Allemagne, du reste, on n'avait à satisfaire à des besoins aussi démesurés : nous avons déjà dit, dans notre précédent article, que les *Zeppelin* actuels du dernier modèle sont de 30.000 mètres cubes!

Les armées française et allemande avaient donc adopté, vers 1890, un matériel de voitures et de wagons chargés de tubes d'hydrogène comprimé à 150 kilogs (fig. 1 et 2). Malgré cette pression élevée, qui a donné lieu à des accidents (Chalais, 1894), il fallait pourtant un fourgon de 3 tonnes pour transporter seulement 13 kilogs de gaz (soit 150 m³, c'est-à-dire le *centième* de la capacité d'un dirigeable ordinaire actuel).

Le problème était donc très médiocrement résolu, d'autant plus que le moindre ballon à gonfler nécessitait tout un convoi de tubes qu'il fallait ensuite renvoyer vides à l'usine, avec

1. Une variante de ce procédé fut employée dans l'expédition du Tonkin, en 1884 ; on supprimait le transport d'acide sulfurique liquide en le faisant absorber par du bisulfate de soude : on obtenait un mélange solide, dit *salin*, qu'on faisait dissoudre dans l'eau au moment de l'emploi, puis passer sur la grenaille de zinc. Il en résultait une notable sécurité, mais au prix de la manipulation d'un lourd poids mort : 15 kilogr. de réactif par mètre cube de gaz.

un transport de retour aussi onéreux et aussi long que celui d'aller. Pour faciliter ces opérations, on usait d'une autre combinaison, en profitant de ce que l'industrie privée vend aussi de

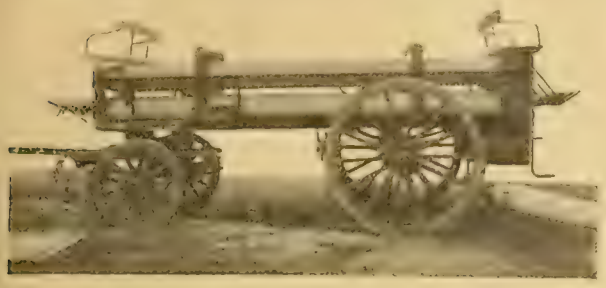


Fig. 1. — *Voiture à tubes de l'armée française.*
6 tubes de 25 m³ à 150 atm. Poids : 3.000 kilogr[1].

l'hydrogène comprimé, en grands tubes indépendants les uns des autres : l'emploi de collecteurs en acier, reliés, par dix ou vingt tuyaux souples en acier, à autant de tubes d'hydrogène réquisitionnés et réunis sur place, permettait de gonfler rapidement un ballon pas trop grand, relié à la tubulure de sortie d'un tel collecteur.

Fig. 2. — *Voiture à tubes de l'armée française.*
Détail de la partie arrière montrant le système de connexion des tubes entre eux et à la marche.

Ce n'était d'ailleurs qu'une amélioration toute relative, exigeant des centaines de tubes souples, de raccords et de pointeaux, dont la manipulation était lente et dangereuse, en même temps que le transport, aller et retour, des tubes, était long et onéreux.

***

On en est donc revenu, dans ces dernières années, aux procédés de fabrication du gaz sur place, grâce à des réactions très avantageuses, dont les chimistes et les officiers français ont, pour la plus grande part, le mérite d'avoir reconnu les qualités et étudié le matériel propre à les utiliser.

Nous nous bornerons à citer ici deux noms : celui de M. G.-F. Jaubert, qui, comme chimiste, a préconisé deux procédés nouveaux; et celui du capitaine Lelarge, de l'Etablissement de Chalais, qui a monté les usines fixes ou mobiles utilisant ces procédés. Nous décrirons rapidement ceux-ci, d'après les publications de M. Jaubert dans la *Revue de Chimie pure et appliquée*; ils peuvent se résumer ainsi :

a) Procédé à l'*hydrolithe*, utilisant la réaction de l'hydrure de calcium sur l'eau;

b) Procédé au *silicol*, utilisant la réaction de la soude sur le ferro-silicium, par voie humide.

M. Jaubert a étudié aussi avec succès une variante du second procédé, en effectuant, par voie sèche, la même réaction (procédé à l'*hydrogénite*).

M. Jaubert avait déjà réalisé industriellement le transport de l'oxygène sous forme solide, c'est-à-dire sous forme de peroxyde de sodium, dénommé *oxylithe*, dégageant son gaz au simple contact de l'eau. Il a donné un nom similaire, *hydrolithe*, à l'hydrure de calcium, CaH^2, qui dégage son gaz au contact de l'eau, en donnant de la chaux. En principe, un kilog de ce corps dégage au moins 1 m³ de gaz :

$$CaH^2 + 2H^2O = Ca(OH)^2 + 2H^2.$$

Malheureusement, l'hydrolithe est un produit fort coûteux, et il faut disposer d'un approvisionnement d'eau qu'on n'a pas toujours sous la

Fig. 3. — *Voiture à hydrolithe, vue avant.*
Poids de la voiture en ordre de marche : 2.400 kilogs : Capacité de production : 1.500 m³ à l'heure.

1. Les clichés des figures 1, 2, 3, 4, 6 et 7, nous ont été aimablement prêtés par M. G.-F. Jaubert.

main, en campagne. Cependant, il faut tenir compte de ce grand avantage qu'un simple camion transporte sous forme d'hydrolithe autant d'hydrogène que 12 camions chargés de tubes de gaz comprimé.

Le commandant Richard, dans l'étude déjà citée, comparait ainsi les bilans de deux installations, à tubes de gaz et à hydrolithe :

TUBES DE GAZ COMPRIMÉ	FRANCS	HYDROLITHE	FRANCS
8.000 tubes à 80 fr...	640.000	48 tonnes à 5 fr. le kilog.....	240.000
50.000 mètres cubes d'hydrogène achetés à 0 fr. 40.....	20.000	Voitures-usines (deux).....	40.000
Hangars à tubes.....	60.000	Hangars à réactifs	4.000
12 camions de 3 tonnes.....	240.000	2 camions de 3 tonnes.....	40.000
	960.000		324.000

On voit que, malgré son prix, l'hydrolithe est singulièrement plus économique ; quant à l'obligation d'aller chercher de l'eau, elle est évidemment gênante, mais on peut presque toujours établir le parc à proximité d'une rivière ou d'un ruisseau, quitte à avoir une réserve de tubes de gaz comprimé pour les cas très exceptionnels où ce serait impossible.

La voiture à hydrolithe du capitaine Lelarge (fig. 3 et 4) est caractérisée par les dispositions suivantes : chaque générateur, cylindrique, est traversé du haut en bas par un axe qui sert de guide à des plateaux horizontaux ; l'hydrolithe est répartie entre ces plateaux sous forme de galettes, ce qui rend la réaction plus régulière.

L'eau du collecteur débouche au fond de chaque générateur, et le gaz, mélangé de vapeur, s'échappe par le haut de celui-ci, pour être envoyé dans le générateur adjacent, où il attaque l'hydrolithe fraîche qui absorbe sa vapeur d'eau.

Le gaz traverse des épurateurs qui absorbent un peu d'ammoniaque due aux impuretés du produit employé, et arrive aux robinets de raccord. Une voiture à 6 générateurs peut donner 500 mètres cubes de gaz à l'heure.

Le procédé au *silicol*, plus récent, consiste à décomposer un alliage de silicium par une solution concentrée de soude. Sans doute, le procédé allemand Schuckert repose sur le même principe, mais il utilise le silicium même, qui est coûteux, tandis que le ferro-silicium, bien moins cher, permet en outre d'opérer avec une solution concentrée, qui dispense de chauffer, tandis que la solution étendue, du procédé allemand, exige un chauffage extérieur qui complique l'opération et en accroît le prix de revient.

Une usine à silicol, fixe ou mobile, comprend essentiellement (fig. 5 et 5 *bis*) un bac à soude, pour faire la dissolution, un générateur, où la soude est mélangée au ferro-silicium, un laveur et

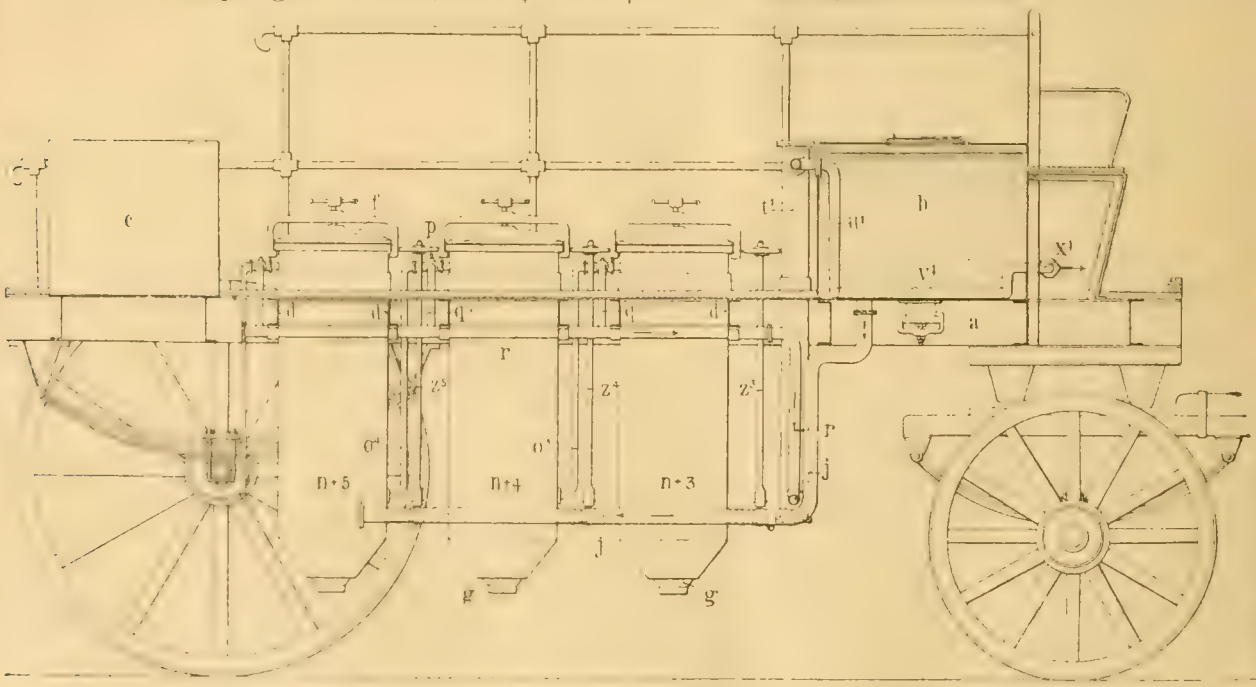


Fig. 4. — *Élévation latérale et coupe partielle d'une voiture à hydrolithe donnant 500 m³ à l'heure*

a, châssis; *b*, réservoir d'eau; *c*, coffre à hydrolithe; *d* traverses; *n*, *n* + 1,..., générateurs de gaz; *f*, fermeture supérieure; *g*, trou de vidange; *j*, collecteur; o^3, o^4, ..., tuyaux de dégagement du gaz; q^3, q^4, branchements; *r*, tube collecteur de gaz; t^1, épurateur; u^1, tuyau de sortie; x^1, tubulure de prise de gaz.

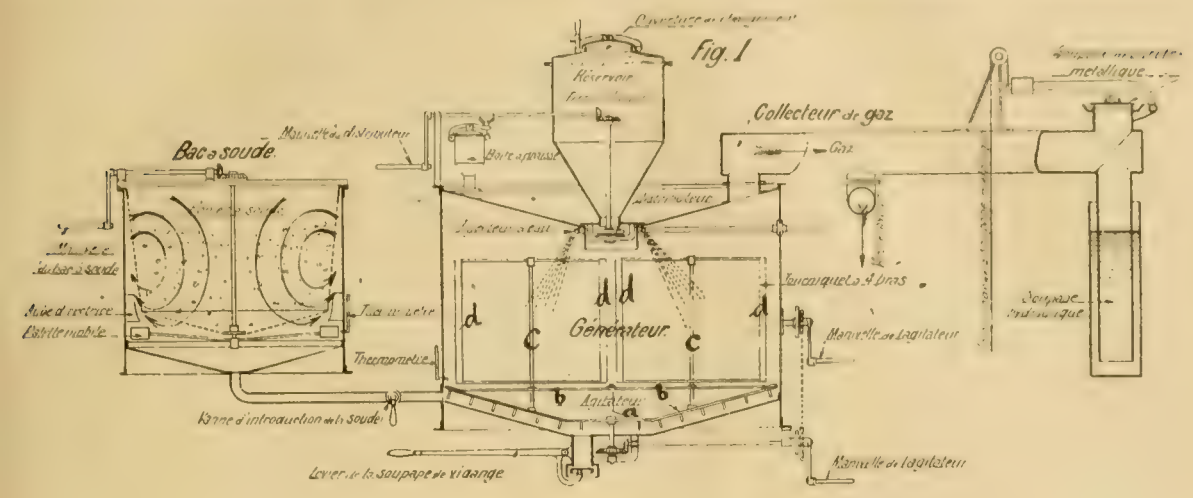


Fig. 5. — *Schéma de l'appareil Lelarge, mi-fixe, pour la fabrication de l'hydrogène par le procédé au ferrosilicium-soude. Générateur et bac à soude.*

a, axe central; *b*, *b*, rayons horizontaux; *c*, *c*, axes verticaux; *d*, *d*, tourniquets à quatre bras.

un sécheur. Dans le générateur, des palettes brassent les matières; le ferrosilicium finement divisé tombe d'un distributeur, et on ajoute un peu d'huile de naphte pour empêcher la formation d'écumes. Le sécheur est original : ce sont des tubes bouclés où le gaz humide circule à très grande vitesse; la force centrifuge colle les vésicules d'eau entraînées sur les parois coudées des tubes, et sépare ainsi l'eau du gaz.

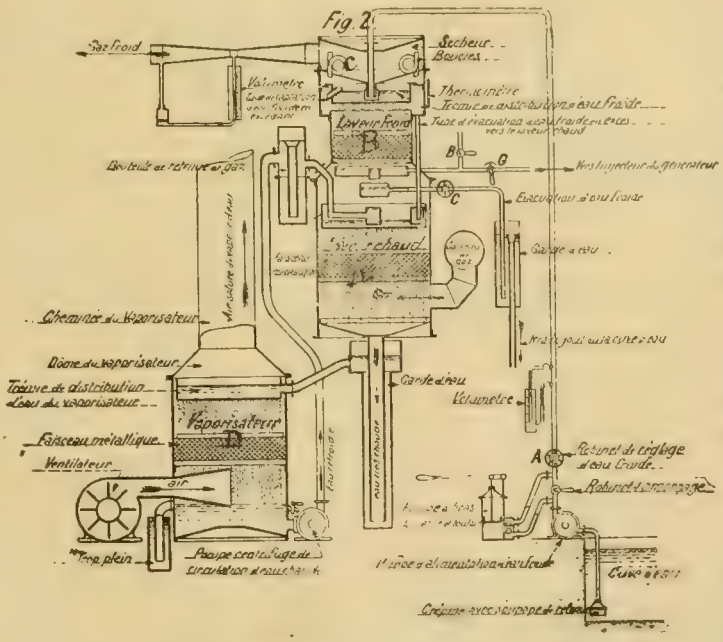


Fig. 5bis. — *Schéma de l'appareil Lelarge, mi-fixe. Laveur et vaporisateur.*

(Clichés de l'*Aérophile*, revue technique et pratique des Locomotions aériennes.)

Les usines fixes peuvent fournir 1.500 mètres cubes à l'heure; les usines mobiles, montées sur 2 fourgons d'environ 3 tonnes, 400 mètres cubes seulement.

Le procédé à l'*hydrogénite* a été employé pour le gonflement de divers ballons français, mais il ne semble pas s'être développé. En tous cas, il présente un réel intérêt. L'hydrogénite est un mélange de ferro-silicium et de soude caustique pulvérisés; il suffit de l'échauffer pour lui faire dégager son hydrogène (1 mètre cube par 3 kilogs) et si l'on opère en vase clos, avec tubulure de dégagement, on recueille du gaz utilisable aussitôt après passage dans un laveur et un sécheur à sciure de bois. La coupe schématique (fig. 6) montre le groupement de plusieurs générateurs autour d'un réservoir contenant laveur et épurateur superposés. On échauffe l'hydrogénite en jetant, par des tubulures *ad hoc*, des allumettes enflammées dans les générateurs remplis, puis fermés hermétiquement.

La figure 7 montre la marche d'une opération.

*

Nous nous bornerons à rappeler d'un mot le procédé de dissociation de l'acétylène ($C^2H^2 = C^2 + H^2$) exploité en Allemagne par la Société Carbonium, parce qu'il a servi à alimenter les fameuses usines de la Société Zeppelin, à Friedrichshafen; l'explosion survenue à cette usine en 1910 a montré son danger. La réaction était produite par l'étincelle électrique, dans des

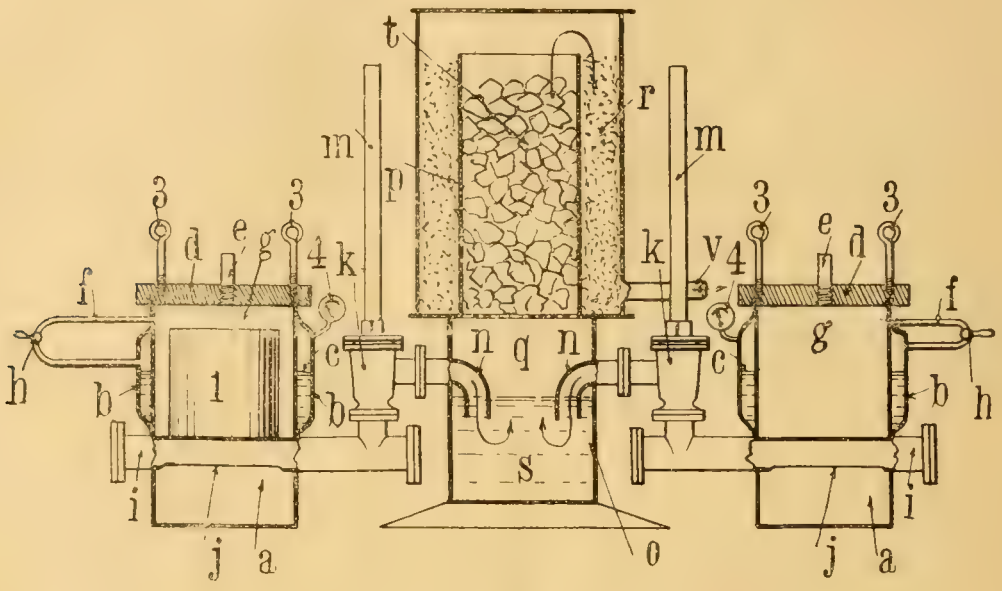


Fig. 6. — *Coupe d'un appareil à hydrogénite de 50 m³ à l'heure.*

a, générateur entouré d'une enveloppe d'eau *b*, *c*; *d*, couvercle; *e*, obturateur; *f*, tuyau de dégagement de vapeur; *h*, robinet; *i*, tuyau percé d'une ouverture *j*; *k*, robinet à trois voies; *m*, cheminée de dégagement; *n*, tuyau débouchant dans le réservoir de gaz *o*; *q*, épurateur à eau *s*; *r*, sécheur à sciure de bois; *t*, masse filtrante; *v*, prise de gaz.

cylindres très résistants où le carbone se déposait sous forme de suie fine, et servait, comme sous-produit, à la fabrication d'encre d'imprimerie.

Les procédés utilisés par l'armée allemande sont d'autres espèces; nous avons déjà cité celui de la fabrication électrolytique de la soude, pour les usines fixes fournissant du gaz comprimé en tubes, et celui de Schuckert, au silicium-soude, concurrent de notre silicol : l'armée allemande possède de petites usines roulantes de ce genre. Depuis quelques années, elle a aussi adopté un système tout différent, d'origine hollandaise, celui de MM. Rincker et Wolter.

Ce dernier procédé donne plutôt un gaz d'éclairage très léger, à forte teneur en hydrogène, que de l'hydrogène pur; mais il peut, en réalité, servir aux deux usages (éclairage et gonflement des ballons) et être installé dans toute usine à gaz comme auxiliaire des fours ordinaires : c'est dire combien il est précieux pour

Fig. 7. — *Gonflement de l'*Hirondelle *au parc de l'Aéro-Club de France.*

15 cartouches d'hydrogénite ont déjà brûlé, le gonflement est fait à moitié.

favoriser les ravitaillements dans toutes les villes d'un pays où il serait adopté en grand.

Il consiste à faire passer, dans un gazogène rempli de coke métallurgique, un courant d'air qui brûle une partie de ce coke. Quand la masse est assez incandescente, on supprime le courant d'air et on injecte sur le coke un mélange de 1 de goudron pour 2 d'huile de pétrole. Ces matières sont décomposées au contact du coke et dégagent du gaz qui sort du gazogène après avoir traversé toute la masse incandescente, et avoir passé dans des épurateurs qui retiennent les poussières de coke entraînées et les produits condensables.

On alterne les courants d'air et les pulvérisations, de façon à remonter pendant les périodes de soufflage la température du coke qui s'abaisse pendant la production du gaz; quand on opère à très haute température, le gaz est très riche en hydrogène.

Dans l'usine roulante sur wagons de l'armée allemande, qui a été décrite récemment dans le *Scientific American*, et aussi dans le *Génie civil* du 26 septembre 1914, le premier wagon porte deux gazogènes et leurs annexes (réservoirs d'huile, etc.); le second porte les épurateurs. L'air est chassé dans les gazogènes par un turbo-compresseur mû par la vapeur de la locomotive. Chaque gazogène reçoit à son tour les injections d'huile ou de benzol, et le gaz passe successivement dans les deux gazogènes, pour rendre plus complète la décomposition de ces produits.

Les épurateurs, reliés par des conduites articulées aux appareils du premier wagon, comprennent un laveur, un tour à pluie d'acide sulfurique, et un appareil à chaux sodée éliminant l'oxyde de carbone. Pour plus de détails à ce sujet, nous renverrons, de façon à ne pas sortir du cadre de cette étude, aux articles précités.

Un troisième wagon peut, au besoin, être attelé aux précédents pour former réservoir de gaz; il comprend un compresseur et des tubes à haute pression.

Nous n'avons pas prétendu, dans cette revue d'ensemble des principaux procédés de fabrication de l'hydrogène pour les ballons, donner des renseignements sur ce qui a eu lieu, dans ce sens, depuis le début de la guerre; étant donné que les renseignements communiqués par les autorités sont presque toujours restés muets au sujet des dirigeables français[1], des détails sur les points délicats du ravitaillement ne sauraient être publiés actuellement. Il nous est permis, toutefois, de conjecturer ce qui se passe de l'autre côté du front, et de constater avec satisfaction que le ravitaillement des immenses *Zeppelin* de 25.000 et même 30.000 mètres cubes n'est pas exempt d'aléas : les installations actuelles ne produisent que des quantités de gaz modérées, et ces géants de l'air sont des consommateurs dont l'appétit, déjà difficile à satisfaire en temps normal, doit être hors de proportion avec la capacité des usines, quand une avarie sérieuse leur est survenue.

A. Fourniols,
Ingénieur civil.

1. La plus importante mention qui ait été faite de nos dirigeables dans les communiqués du Ministère de la Guerre est ainsi conçue : « Un de nos dirigeables a bombardé la gare et les hangars d'aviation de Fribourg-en-Brisgau » (19 avril).

LA LOCALISATION DES PROJECTILES PAR LA RADIOGRAPHIE

SUIVANT LA MÉTHODE HIRTZ

Depuis la découverte des rayons X, divers moyens ont été proposés pour déterminer exactement la position des objets dissimulés dans l'organisme et qui nécessitent l'intervention chirurgicale. La guerre actuelle a suscité de nouvelles recherches dans cette voie, et plusieurs solutions ont déjà été décrites dans la *Revue*[1]. En fait, on a surtout appliqué la méthode du Dr Hirtz, médecin-major, chef du service de physiothérapie à l'hôpital militaire du Val-de-Grâce. Cette méthode offre l'avantage de fournir assez rapidement des données sûres, avec un matériel peu encombrant, car, en dehors des organes essentiels de toute installation radiographique, elle n'exige qu'un compas spécial et une feuille de papier calque.

I. — Exécution du cliché radiographique

La figure 1 montre comment est préparée l'opération radiographique. La plaque au gélatino-bromure R est posée horizontalement, dans un châssis au-dessus duquel est collé un index

1. Voir, notamment, 15 janvier 1915, p. 5, et 30 mars 1915, p. 193.

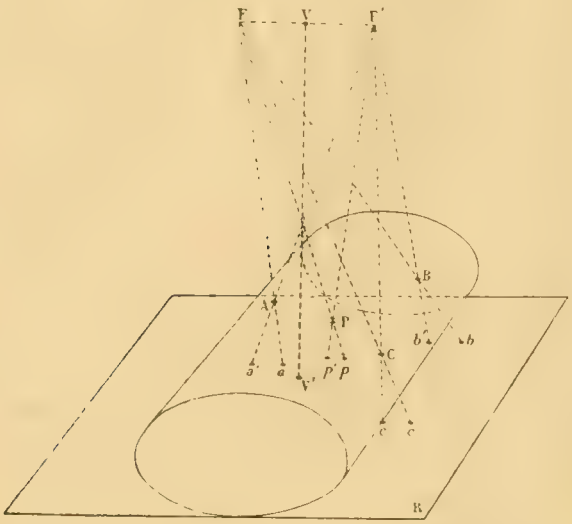


Fig. 1. — *Principe de l'opération radiographique.*

métallique destiné à marquer le centre de la surface sensible, en V', point de croisement des deux diagonales.

L'ampoule radiogène est portée par un bras horizontal gradué en centimètres, qui permet de la déplacer parallèlement à la plaque. On l'amène d'abord, à l'aide d'un fil à plomb, exactement au-dessus du centre V', de façon que le foyer anticathodique se trouve en V, et l'on mesure la distance VV'.

Le sujet à radiographier est placé entre la plaque et l'ampoule. Un sommaire examen radioscopique ou radiographique ayant préalablement donné une idée approximative de la position occupée par l'objet P qu'il s'agit de localiser, ce point est disposé aussi près que possible du centre de la plaque.

Trois points de repère, A, B et C, sont marqués sur la peau, d'abord par une croix tracée à l'encre, puis par des index métalliques. On peut se servir à cet effet d'un trusquin à trois branches terminées en pointes ; cependant, lorsqu'il s'agit de radiographier une région épaisse, il faut chausser ces points de petites sphères de plomb : il est toujours facile, en effet, de déterminer le centre d'une ombre circulaire, même quand les contours en sont très flous.

L'ampoule est transportée d'abord en F, généralement à 3 centimètres de V (en tout cas la distance VF doit être soigneusement mesurée), et mise en activité. La pose achevée, on amène l'ampoule en F', à une distance de V égale à VF, et l'on exécute une seconde pose.

Les trois repères, A, B, C et le corps P sont ainsi représentés, sur le cliché, par les images doubles $a, a', b, b', c, c', p, p'$.

On trace sur ce cliché deux lignes perpendiculaires l'une à l'autre et passant par le centre indiqué par l'image de l'index du châssis. Les deux lignes perpendiculaires doivent être respectivement parallèles aux bords de la plaque, dans le cas où le déplacement de l'ampoule a été bien effectué suivant la direction d'un de ces bords. Dans le cas contraire, il faudrait orienter une des lignes parallèlement aux droites joignant les images conjuguées des repères.

Le cliché ainsi préparé sert à dresser un graphique simple transformant la double projection conique qui vient d'être exécutée en projection orthogonale sur un plan horizontal et sur un plan vertical.

II. — Tracé du graphique

Une feuille de papier transparent est pliée en deux, dans le sens de la longueur. Le pli qui marque le milieu est repassé à l'encre : c'est la ligne yy' (fig. 2). Près du bord supérieur, on

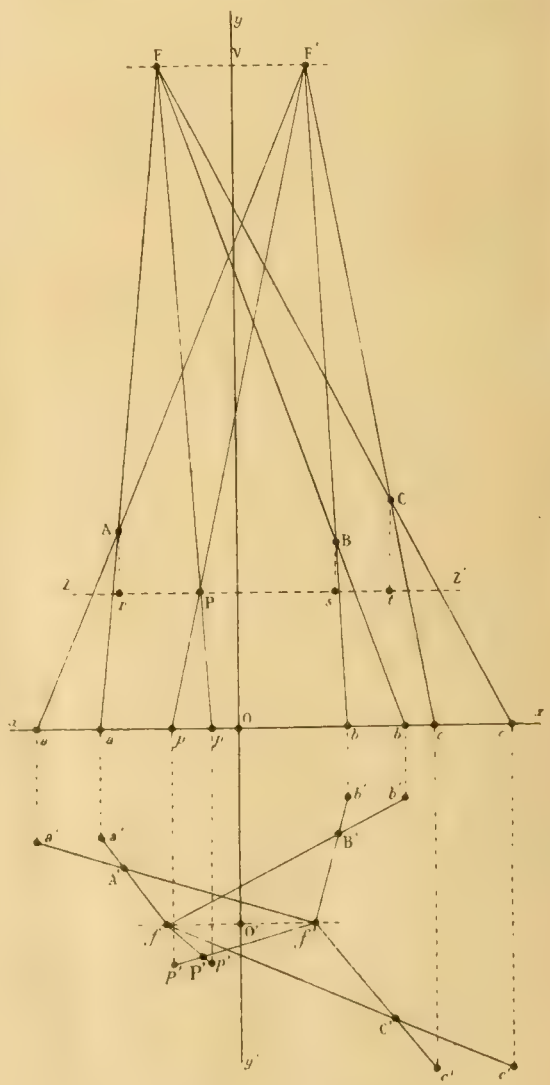


Fig. 2. — *Epure.*

marque un point V par lequel on fait passer une ligne perpendiculaire à la première. Sur cette nouvelle ligne, on marque les distances VF et VF′, égales aux déplacements de l'ampoule : les points F et F′ représentent la projection, sur le plan vertical, de l'anticathode dans ses deux positions successives. Sur la ligne *yy′*, à partir de V, on porte une longueur VO, égale à la distance qui séparait l'anticathode de la plaque sensible. Par le point O on mène la ligne horizontale *xx′* : ce qui est au-dessus de cette ligne représente le plan de projection vertical ; ce qui est au-dessous, le plan de projection horizontal. Dans cette dernière partie, on prend, sur la ligne *yy′*, un point O′ dont la distance à O est arbitrairement choisie. Par ce point on fait passer une ligne horizontale sur laquelle on marque les points *f f′*, séparés de O′ par des distances égales à celles qui séparent le point V des points F et F′. Les points *f* et *f′* représentent les projections horizontales des deux foyers anticathodiques. O′ est le pied de la verticale.

La feuille de papier calque est alors posée sur le côté gélatiné du cliché [1], de telle sorte que les perpendiculaires passant par O′ coïncident avec la croisée des lignes tracées sur le phototype. On marque ensuite sur le papier les huit points qui transparaissent, *a*, *a′*, *b*, *b′*, *c*, *c′*, *p*, *p′*. La direction des lignes *aa′*, *bb′*, etc. doit être parallèle à la direction de la ligne de terre *xx′*. L'épure peut maintenant être achevée.

La règle de cette construction est extrêmement simple. Il suffit de joindre les points qui correspondent aux images conjuguées des repères et du corps étranger aux deux foyers *f* et *f′*, de la façon suivante : *l'image de droite au foyer de gauche, et l'image de gauche au foyer de droite.* Par leur entrecroisement, les lignes ainsi obtenues déterminent les points A′, B′, C′, P′, qui sont les projections orthogonales sur le plan horizontal des repères et du centre du corps à localiser.

Pour obtenir leurs projections sur le plan vertical, on trace les lignes de rappel parallèles à *yy′* par les points *a′*, *a′*, *b′*, *b′*, *c′*, *c′*, *p′*, *p′*, jusqu'à la ligne de terre *x x′*. On obtient ainsi les points *a*, *a*, *b*, *b*, *c*, *c*, *p*, *p*. On joint alors les points homonymes à F et F′, de telle sorte que le point qui représente l'image de droite soit réuni au foyer de gauche, et inversement. L'intersection de ces lignes fournit les points A, B, C, P, projections orthogonales sur le plan vertical des trois repères et du centre du corps étranger.

Enfin, il faut tracer par P (projection verticale du centre du corps étranger) une ligne horizontale *zz′*, et mener les perpendiculaires A*r*, B*s*, C*t*, qui donnent les distances de A, B et C au plan horizontal.

La description du graphique est forcément un peu compliquée. En réalité, l'exécution en est d'une extrême simplicité.

III. — Réglage du compas

Le compas du Dr Hirtz (fig. 3) se compose de trois branches, 1, 2, 3, pivotant autour d'un axe O, sous lequel est un écrou à ailettes permettant de les immobiliser. Le long de chaque

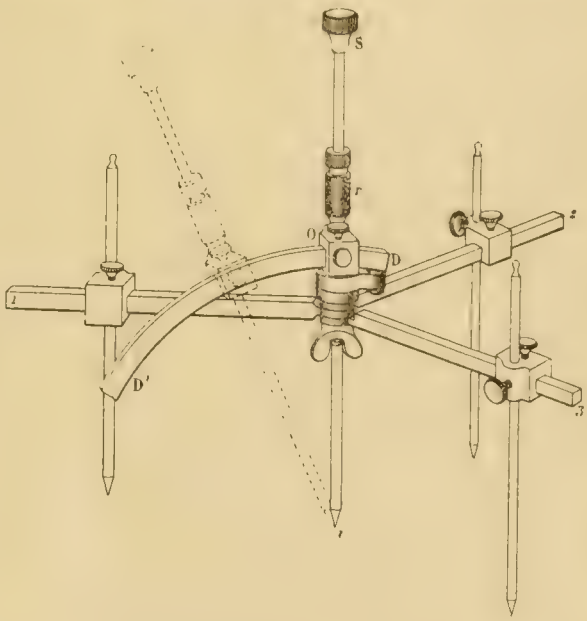


Fig 3. — *Compas du Dr Hirtz.*

branche peut coulisser un bloc traversé à frottement doux par une tige perpendiculaire au plan des branches et terminée en pointe. Blocs et tiges peuvent être fixés dans une position quelconque par des vis de pression à tête moletée. Sur chaque tige est gravée une double division millimétrique.

L'axe du compas est traversé par une tige S, ou sonde localisatrice, portant une butée fixe *r*. Quand cette butée repose sur l'axe O, la pointe *i* de la sonde se trouve exactement dans le plan des pointes des trois tiges périphériques réglées de manière que le zéro de leur graduation affleure au-dessous des blocs coulissants.

Sur l'axe du compas est aussi montée une pièce DD′ en forme d'arc, qui porte également un bloc coulissant dans lequel peut être passée

1. En réalité, le décalque est effectué *sur la face qui regardait l'ampoule*. Si, par exemple, on a employé un écran renforçateur amenant l'inversion de l'image, il faudra décalquer sur le côté verre ou, ce qui revient au même, retourner le papier transparent après avoir calqué sur la gélatine. Dans les cas urgents, on n'a pas à attendre que la gélatine du cliché soit sèche : il suffit d'essuyer le côté verre et d'opérer sur cette face, en ayant soin alors de retourner le papier transparent pour achever l'épure.

la sonde, dans les cas où il n'est pas possible de pratiquer une incision verticale.

Le compas est réglé suivant les indications de l'épure. A cet effet, les trois tiges périphériques étant d'abord mises au zéro, et la sonde fixée dans le centre de rotation, l'instrument est posé sur le graphique (fig. 2).

L'extrémité de la sonde est amenée sur le point P, projection horizontale du corps étranger ; puis, par le jeu des branches et des coulisses, les pointes périphériques sont mises respectivement en coïncidence avec les trois points A′, B′, C′. On serre alors l'écrou central et les vis de pression des blocs coulissants.

Le réglage en profondeur s'exécute en partant de la projection verticale.

Le point P, centre du corps étranger, est par définition à l'extrémité de la sonde de profondeur, dont la longueur est fixe. Pour que les trois pointes puissent coïncider avec les repères A, B, C, il faudra nécessairement les raccourcir des quantités A*r*, B*s*, C*t*, car le plan des branches du compas doit rester horizontal. On mesure donc ces longueurs A*r*, B*s*, C*t*, et les tiges correspondantes sont raccourcies d'autant, ce qui est très facile, puisqu'elles sont graduées. Il peut arriver qu'un ou plusieurs des points A, B, C soient au-dessous de *zz′* : le cas se présentera, si l'un des repères cutanés a été placé sur une partie déclive, au-dessous du plan horizontal passant par le corps étranger. Dans ce cas, il faudra, non pas raccourcir, mais allonger la tige correspondante de la quantité voulue : c'est pour cette raison que les tiges portent une double graduation.

IV. — Recherche du corps a extraire

Les points de repère cutanés, déjà marqués à l'encre, sont rendus mieux apparents et momentanément indélébiles par l'application d'une légère pointe de feu, qui permettra de les distinguer même à travers la couche d'iode souvent employée pour aseptiser le champ opératoire.

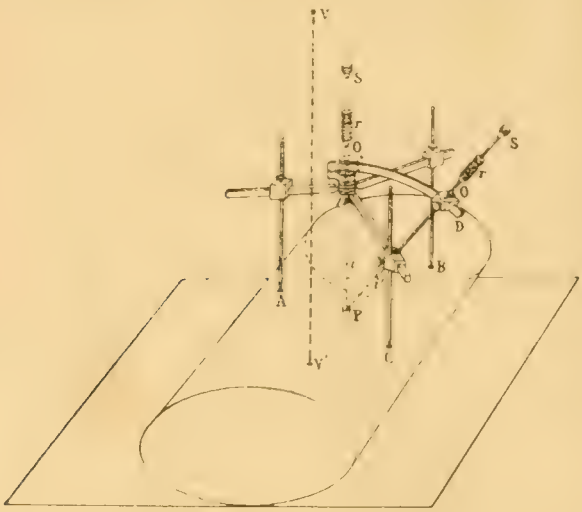


Fig. 4. — *Application du compas.*

Le blessé est placé de manière que la région intéressante occupe aussi exactement que possible la position qu'elle avait pendant l'opération radiographique. Le compas est stérilisé par flambage, et les pointes des tiges sont présentées sur les repères A, B, C (fig. 4). La pointe de la sonde localisatrice S viendrait alors coïncider avec P, si ce point n'était pas inclus dans les tissus. La sonde est arrêtée par le tégument, en *i*. La distance *i* P est la profondeur de l'incision à pratiquer pour atteindre le corps étranger : elle s'évalue par la distance O*r* existant entre le centre O du compas et le repère *r* fixé sur la tige S. Une incision faite en *i* ouvrira donc une voie devant la sonde, dont l'extrémité touchera le corps P quand le repère fixe *r* viendra buter sur O.

Toutefois, le chirurgien devra d'abord vérifier si l'incision peut être pratiquée exactement dans le sens vertical, ou bien si la présence d'un obstacle (os ou organe à respecter) l'obligera à suivre un autre chemin.

Dans le premier cas, on n'a qu'à ouvrir, au point touché par la sonde, une incision dont la profondeur sera égale à la distance qui sépare l'index *r* de sa butée. On retire provisoirement le compas, pour être moins gêné; on le présente de nouveau, lorsqu'une certaine profondeur a été atteinte, afin de s'assurer qu'on ne s'est pas écarté de la direction à suivre. L'incision est ainsi continuée, jusqu'à ce que l'index *r* soit descendu sur sa butée. A ce moment, si le corps étranger n'est pas déjà découvert, la pointe de la sonde est dans son voisinage immédiat.

Dans le second cas, la sonde est retirée de l'axe du compas et passée dans le bloc que porte l'arc D. Le centre de courbure de cette pièce se trouve en P : il s'ensuit que, quelle que soit la position qu'occupe le bloc, il suffira d'abaisser la sonde jusque sur sa butée pour que la pointe *i′* vienne toucher le corps étranger. Le chirurgien n'a donc qu'à rechercher dans quel sens il convient de pratiquer l'incision, et orienter la sonde dans cette direction. L'arc D pouvant tourner autour de l'axe du compas, on comprend que la sonde puisse prendre toutes les positions comprises dans un cône dont l'angle d'ouverture est déterminé par l'étendue de l'arc.

Cette méthode peut paraître compliquée; mais il faut remarquer qu'elle vise avant tout à être aussi précise que possible, tout en restant pratique. Ses indications se vérifient, à 1 ou 2 millimètres près, et une telle précision ne peut s'acheter qu'aux prix d'une certaine complication mécanique ou géométrique. Les procédés expéditifs sont élégants ; ils séduisent, à la lecture; par malheur, dans l'application, ils se montrent trop souvent infidèles. Avouons qu'il est fâcheux, après avoir profondément tailladé les chairs du patient, de s'apercevoir que l'on s'est égaré et qu'il faut creuser ailleurs.

Ernest Coustet.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Coffin (J.G.), *Professeur au Collège de New-York.* — **Calcul vectoriel,** *avec applications aux Mathématiques et à la Physique. Traduction et notation françaises par* M. Al. Véronnet, *Docteur ès sciences. — 1 vol. in-8° de* XVIII-212 *p. avec 70 fig.* (*Prix : 7 fr. 50*). *Gauthier-Villars, éditeurs, Paris,* 1914.

Ce manuel de Calcul vectoriel, qui en est à sa seconde édition anglaise, montre l'intérêt croissant que prennent à l'étranger l'étude et l'application de ces méthodes et notations nouvelles, encore trop ignorées peut-être du public français. Nous avons su en France tirer un si brillant parti de la méthode et de la notation cartésiennes, et leur donner tant de généralité et de clarté, que nous avons négligé un peu d'en voir quelques défauts accessoires. Le plus grave est qu'elles brisent tout élément simple et réel en trois éléments artificiels. Nous ne raisonnons plus, nous ne calculons plus sur les points, les lignes, les forces, mais sur leurs trois coordonnées ou leurs trois composantes.

A l'étranger, en particulier, on a essayé d'appliquer l'analyse algébrique directement aux éléments géométriques mêmes, et l'on a constitué le *Calcul vectoriel*, qui se présente modestement comme une *méthode auxiliaire* pour rendre l'ancienne plus directe et plus intuitive, pour aider à l'enseignement et rendre plus faciles les recherches futures.

L'ouvrage de Coffin contient les éléments de ce Calcul, ainsi que ses applications générales dans les principaux domaines de la Mécanique, de l'Hydrodynamique et de l'Electrodynamique : équations de Poisson, Lagrange, Green, Euler, Maxwell, Hertz, Lorentz, etc.

L'élément fondamental est le vecteur, représenté par une seule lettre, ayant à la fois grandeur et direction, et qui représente et définit à son tour un point quelconque (rayon vecteur), une ligne, une vitesse, une force, un élément différentiel de courbe ou de surface, une normale, une tangente, etc., etc. Le produit algébrique ou travail de deux vecteurs, le produit géométrique ou moment de deux vecteurs, le produit mixte de trois vecteurs ou volume de leur parallélépipède, constituent les opérations élémentaires et fondamentales sur les vecteurs. Egalés à zéro, ces produits définissent deux vecteurs perpendiculaires, deux vecteurs parallèles, trois vecteurs situés dans le même plan, et en donnent en même temps les équations. Leur traduction cartésienne est d'ailleurs immédiate et ils fournissent ainsi presque sans calcul et intuitivement un grand nombre de formules de Géométrie et de Mécanique.

Il faut savoir tout particulièrement gré à M. Al. Véronnet d'avoir mis cet ouvrage à la portée du public français. C'est un véritable livre d'enseignement, à la portée des élèves aussi bien que des professeurs, et qui sera accueilli par tous avec un vif plaisir.

François (L.), *Ingénieur-chimiste.* — **Formules, recettes, procédés à l'usage des ingénieurs.** — *1 vol. in-8° de VIII-420 p. avec 127 fig.* (*Prix : 9 fr.*) *H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris,* 1914.

L'intérêt de cet ouvrage réside dans le fait qu'il a été conçu, non pour des amateurs, mais par un technicien et pour des techniciens. Le nombre des recettes s'est trouvé par là même plus restreint; par contre, grâce à d'obligeants concours, toutes ont pu être soumises à une révision critique fort sévère, qui a débarrassé le livre de beaucoup de non valeurs qui fourmillent ailleurs.

Au point de vue matériel, l'ouvrage se distingue par une séparation bien marquée entre les descriptions, un groupement rationnel rendant les comparaisons et le choix faciles, et surtout un index alphabétique à entrées multiples rendant les recherches très rapides.

L'extrait suivant de la table des matières donnera une idée des questions qui y sont traitées : I. *Recettes pour le bureau* (encres, colles, cire, effaçage des traits, documentation technique...). — II. *Recettes pour le laboratoire* (à l'usage des chimistes, des photographes-amateurs...). — III. *Recettes pour l'usine* (lubrifiants, calorifuges, extinction des incendies, installation électrique...) — IV. *Recettes pour l'atelier* (montages sur les machines outils, trempe, aciérage, recuit, patines, etc...). — V. *Recettes pour le chantier* (mortiers et bétons, moulages, peintures, nœuds et brêlages...).

2° Sciences physiques

Rothé (E.) *Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Nancy, Directeur de l'Institut aérodynamique.* — **Cours de Physique,** *professé à la Faculté des Sciences de Nancy.* Première partie, *à l'usage des Etudiants de licence et des Instituts techniques :* Généralités. Unités. Similitude. Mesures. — *Un vol. in-8 de 186 p. avec 78 fig.* (*Prix : 6 fr. 50*). *Gauthier-Villars, éditeurs, Paris,* 1914.

M. Rothé vient de commencer la publication du cours de Physique qu'il professe à l'Université de Nancy par un premier volume consacré à des questions qu'on est convenu de grouper sous le nom de Généralités : mesure des grandeurs, similitude, erreurs, statique des fluides, densités et mesure des pressions.

La connaissance précise de ces généralités est nécessaire à qui veut approfondir la Physique, soit pour en poursuivre l'étude théorique, soit en vue de l'appliquer aux diverses branches de l'art de l'ingénieur, mais leur étude passe volontiers pour manquer d'agrément. Aussi n'est-ce pas pour M. Rothé un mince mérite que d'avoir su, par la sobre élégance et la clarté de l'exposition, autant que par l'actualité et la nouveauté des exemples choisis pour illustrer les théorèmes généraux, donner de l'intérêt et de la vie à des sujets par eux-mêmes peu captivants.

Pour la description des appareils anciens, dont l'intérêt est souvent d'ordre historique, M. Rothé renvoie le plus souvent aux Traités déjà existants, ce qui lui permet d'insister sur les dispositifs plus récents. C'est ainsi que le chapitre relatif aux mesures renferme une étude approfondie des comparateurs actuellement utilisés pour l'évaluation de petites différences entre des longueurs sensiblement égales, ainsi que la description des balances de précision les plus modernes.

A propos de la mesure du temps, M. Rothé expose la méthode des coïncidences, imaginée depuis longtemps pour la comparaison des périodes des mouvements périodiques et qui permet d'utiliser les signaux radiotélégraphiques au réglage des horloges. Il étudie également la stroboscopie et son application au pendule, à l'aide des dispositifs du général Defforges et de M. Lippmann, pour la mesure de l'accélération de la pesanteur.

Dans l'étude des Unités, un exemple relatif au calcul du coefficient k de la formule fondamentale la résistance de l'air $R = k\,S\,v^2$, dans les divers systèmes d'unités utilisés en France et en Angleterre, montre très vivement les services que peut rendre à un ingénieur l'emploi judicieux des équations de dimensions.

A signaler également tout le chapitre relatif au Principe de Similitude dont on fait usage toutes les fois que

l'on essaie de prévoir la valeur d'une invention mécanique par des expériences en petit. M. Rothé illustre son exposé, remarquablement simple, d'un grand nombre d'exemples empruntés, les uns à la Physique générale, les autres à la Physique industrielle, à l'Aéronautique et à la Marine.

La mesure des pressions est suivie d'une étude complète des corrections barométriques et des différentes formules dérivées de celle de Laplace que l'on emploie pour la mesure des altitudes. La description des baromètres est limitée à celle du modèle courant utilisé aujourd'hui dans la plupart des observatoires, le baromètre de Tonnelot, du modèle de haute précision installé au Pavillon de Breteuil, et de l'enregistreur Richard, qui convient particulièrement à l'étude des variations de la pression (une variation de pression de 1 mm. de mercure se traduit par un déplacement de la plume de 20 mm.) et qui permet également l'inscription des séismes.

A. Boutaric,
Chargé d'un Cours complémentaire
de Physique à l'Université de Montpellier.

Swyngedauw (R.), *Directeur de l'Institut Electrotechnique de Lille.* — **Cours d'Electrotechnique générale et appliquée**, *publié avec la collaboration de MM.* F. Negre *et* P. Beauvais. *Tome* II : **Le courant alternatif.** — *1 vol. in-8° de 564 p. avec 234 fig. (Prix : 17 fr. 50). Ch. Béranger, éditeur, Paris*, 1914.

L'important ouvrage que M. R. Swyngedauw présente aujourd'hui au public fait partie d'un ensemble portant le titre général de : *Cours d'Electrotechnique générale et appliquée, professé à l'Institut électrotechnique de Lille.* Il comprend l'étude générale des courants alternatifs, et l'étude particulière des transformateurs et des lignes de transmission; deux cents pages sont consacrées aux généralités; une centaine aux bobines et transformateurs statiques; deux cents environ aux lignes.

Les généralités comportent l'étude des grandeurs et des lois essentielles des courants alternatifs, avec l'emploi des trois méthodes aujourd'hui classiques; la méthode algébrique, la méthode géométrique ou vectorielle et la méthode des imaginaires qui est la traduction algébrique de la précédente. Le plan original de l'auteur consiste à donner d'abord, en cinq chapitres, les propriétés fondamentales des grandeurs électriques périodiques sans les supposer sinusoïdales, et cependant sans avoir recours au développement de Fourier. Il en résulte un certain nombre d'énoncés intéressants, ceux par exemple où intervient la notion de *facteur de forme*, mais aussi quelquefois une généralité plus apparente que réelle qui, en fait, se restreint aux quantités sinusoïdales, par exemple l'énoncé de la page 40 relatif aux réactances inductives et condensives : lorsque deux réactances de ce genre sont montées en série, les tensions à leurs bornes ne peuvent avoir la même forme que si elles sont sinusoïdales. Signalons également comme particulièrement intéressant, dans cette première partie, le développement donné aux théories de M. Boucherot des puissances actives et réactives. Vient ensuite l'étude des grandeurs sinusoïdales et des grandeurs non sinusoïdales par décomposition en série de Fourier; nous signalerons dans cette partie l'étude spéciale des régimes variables ou transitoires.

Après quelques généralités sur les courants polyphasés, l'auteur aborde l'étude des bobines à noyau de fer et des transformateurs. A signaler, dans ces chapitres, l'étude des bobines et transformateurs triphasés, du couplage des transformateurs, des transformateurs de phases et de fréquence et des redresseurs statiques.

La deuxième partie du volume est consacrée à l'étude des lignes et des surtensions dans les réseaux. Elle débute par une étude approfondie de la capacité et de la selfinduction des lignes aériennes ou souterraines, et de l'effet Kelvin dans les conducteurs cylindriques. Les constantes étant ainsi définies et précisées, l'auteur passe à l'étude du fonctionnement des lignes : un premier chapitre (chap. xxv de l'ouvrage) est relatif aux phénomènes entraînés par l'existence de la capacité et des défauts d'isolement des lignes, au contrôle des réseaux, à la tension par rapport au sol des lignes mal isolées et aux dangers de contact d'un observateur avec les lignes sous tension. Vient ensuite, dans l'hypothèse d'une capacité localisée, l'étude des chutes de tension en ligne, de l'effet Ferranti, et de la résonance des harmoniques. Signalons en particulier les études de l'auteur sur la résonance des harmoniques 3. Enfin, la question est généralisée par l'étude complète des lignes présentant de la capacité répartie. Cette étude comporte le calcul de la répartition du courant et du potentiel dans les longues lignes, de l'impédance naturelle et des ondes stationnaires dans ces lignes, et de leur résonance possible. Ces études permettent de se faire une idée de ce qu'on peut appeler les surtensions en régime normal. Les surtensions accidentelles sont d'une étude plus délicate encore : l'auteur examine d'abord les surtensions dues aux courants transitoires des oscillations libres du réseau et les moyens d'y remédier (limiteurs de tension, parasurtensions). Mais ces phénomènes ne sont pas les seuls que l'on puisse observer : dans les longues lignes prennent naissance, à chaque variation de régime, des ondes mobiles qui se propagent sensiblement avec la vitesse de la lumière, et qui, au point de jonction de deux parties hétérogènes du réseau, peuvent donner lieu à des élévations de tension dangereuses : ce sont ces ondes mobiles, par exemple, qui produisent les accidents si souvent observés dans les premières bobines des transformateurs : les travaux classiques de l'auteur sur les potentiels explosifs statiques et dynamiques prennent naturellement place dans ce chapitre; enfin le volume se termine par l'étude des surtensions créées par les orages sur les lignes aériennes.

Tel est cet ouvrage considérable, où l'on trouvera, outre un exposé didactique complet des phénomènes et des théories, le résumé et la mise au point des travaux les plus récents qui ont été publiés, tant en France qu'à l'étranger, sur ces sujets difficiles; des indications bibliographiques très précises permettent toujours de se reporter aux originaux, et les travaux propres de l'auteur y trouvent une place importante. L'ouvrage de M. Swyngedauw sera certainement très apprécié des ingénieurs ayant déjà des connaissances générales des phénomènes des courants alternatifs et désirant les approfondir et les mettre au courant des idées actuelles.

P. Janet.
Professeur à l'Université de Paris,
Directeur du Laboratoire central
et de l'Ecole supérieure d'Electricité.

Lyon (Dorsey A.) et **Keeney** (Rob. M.). — **Electric Furnaces for making Iron and Steel.** — *1 vol. in-8° de 142 p. avec 36 fig. (Prix : 1 fr.)*, Bulletin 67 du Bureau of Mines. *Government Printing Office, Washington*, 1914.

Le Bureau des Mines américain, dans le but de contribuer au développement des industries métallurgiques aux Etats-Unis, a entrepris une enquête sur l'application de l'électricité à diverses industries, en particulier à la fabrication du fer et de l'acier. Ce petit ouvrage donne les résultats de cette dernière enquête et fournit quelques indications sur les problèmes qui restent à résoudre dans l'emploi du four électrique pour le traitement des minerais de fer et la production de la fonte sur une échelle commerciale à un prix profitable.

Dans la première partie, relative à la fonte et due à M. Lyon, l'auteur rappelle les premières expériences de la Commission canadienne en 1904 et 1906, puis celles du Comptoir des Fers en Suède, qui ont abouti au type de four aujourd'hui en usage, enfin celle de la Shasta Iron Co. en Californie, qui ont également conduit à l'adoption d'un type pratique. L'auteur compare ces

deux types de four électrique entre eux et avec le haut-fourneau, et termine par un projet d'installation d'usine pour la fabrication électrique de la fonte et le raffinage électrique de l'acier, susceptible de produire annuellement 50.000 tonnes de fonte au prix de 11,25 dollars la tonne et autant d'acier au prix de 17,54 dollars la tonne.

La seconde partie, relative à l'acier et due à M. Keeney, donne, après un bref historique du développement des fours électriques à acier, la description détaillée des différents types de fours employés aujourd'hui commercialement et qui peuvent se diviser en fours à arc (Héroult, Girod, Stassano, Keller, Grönwall, Nathusius) et fours à induction (Kjellin, Rochling-Rödenhauser). Puis l'auteur décrit les méthodes de travail en usage dans un certain nombre d'usines européennes et américaines qu'il a visitées: La Praz, Sheffield, Braintree, Ugine, Bonn, South Chicago, Worcester, Oberhausen, etc. Il résume les caractéristiques d'opération des fours électriques à acier et calcule le coût de fabrication de l'acier pour les différents types. L'auteur termine par un projet d'installation d'aciérie duplex par le procédé sur sole et le procédé électrique.

Une bibliographie choisie, qui ne comporte toutefois que des mémoires ou articles écrits ou traduits en anglais, termine le livre.

En somme, l'ouvrage constitue une mise au point très complète de cette importante question à l'heure actuelle, que consulteront avec fruit tous les métallurgistes.

J. R.

3° Sciences naturelles

Déchelette (Joseph), *Conservateur du Musée de Roanne, correspondant de l'Institut.* — **Manuel d'Archéologie préhistorique, celtique et gallo-romaine. II. Archéologie celtique ou protohistorique.** Troisième partie. **Second âge du fer ou époque de la Tène.** — *1 vol. in-8° continuant la pagination des deux premières parties du tome* II (*p.* V-VIII, 911-1693; *pl.* IX-XIII; *carte* 5 et 1 *tableau*). (*Prix*: *15 fr.*). *Auguste Picard, éditeur, Paris*, 1914.

Comme complément à notre précédent article sur Joseph Déchelette[1], tué à l'ennemi le 4 octobre 1914 dans des conditions glorieuses, il nous est agréable d'ajouter que la grande œuvre archéologique laissée par ce savant, et à laquelle il a donné une somme si énorme de travail, embrasse dans sa totalité la période préhistorique et la période celtique ou protohistorique. La troisième et dernière partie du tome II, lequel est consacré à cette deuxième période, a paru portant cette date même de 1914, année qui devait voir son auteur tomber au champ d'honneur.

Ce nouveau volume, de plus de 800 pages, renferme l'étude du second âge du fer, c'est-à-dire de la période protohistorique comprenant les cinq derniers siècles avant notre ère, et il nous mène par conséquent à l'aurore des temps historiques. Ainsi que les précédents volumes dont il forme le complément, c'est une œuvre de haute érudition, documentée par d'abondantes notes bibliographiques et de très nombreuses figures.

Le second âge du fer a été désigné du nom d'époque de La Tène, à cause des importantes trouvailles qui ont été faites dans cette station fameuse du lac de Neuchâtel et qui correspondent à cet âge. On y a distingué trois périodes nettement caractérisées: La Tène I, de l'an 500 à l'an 300 av. J.-C.; La Tène II, de l'an 300 à l'an 100; La Tène III, de l'an 100 à l'ère chrétienne.

Tous les objets remontant à cette époque se rattachent à la civilisation des Celtes, dont les conquêtes territoriales s'étendirent sur une aire géographique considérable et qui y propagèrent, grâce au développement de leur commerce, leurs principaux types industriels. Issue d'origines premières méridionales, la culture de La Tène eut surtout sa plus large diffusion à partir du IVe siècle et se répandit sur la plus grande partie de l'Europe. Mais après même que les Germains eurent refoulé les Celtes sur la rive gauche du Rhin, au moment où allait commencer la phase de La Tène III, la culture du second âge du fer se conserva longtemps encore parmi les peuples de la rive droite du fleuve. Cette culture de La Tène, dont l'extension fut si remarquable au moment de la plus grande prospérité des Celtes, fut même assez importante pour que M. Déchelette ait pu dire qu'elle avait préparé les voies à l'unité romaine. Avec la Tène III, nous nous trouvons placés au début de l'époque gallo-romaine, au moment où les Gaulois, vaincus et absorbés par les Romains, commençaient à recevoir de leurs nouveaux maîtres les bienfaits de la civilisation gréco-latine.

Ce sont ces évolutions et ces progrès de la civilisation celtique que Joseph Déchelette a exposés dans ce volume, en étudiant celle-ci non seulement en France mais aussi à l'étranger, de telle sorte qu'il a pu faire des rapprochements très curieux et très instructifs. Dans cette étude très complète du sujet, le savant archéologue envisage les manifestations diverses de la vie privée, et décrit successivement les objets usuels de toute nature se rattachant aux besoins et aux goûts de l'homme.

En ce qui touche les habitations et les agglomérations humaines, Joseph Déchelette, après nous avoir donné des détails sur les quelques oppidums fameux retrouvés en France: Bibracte, Alesia, Gergovie, passe en revue les principaux d'entre ceux connus à l'étranger et appartenant à la même époque, celle de La Tène III; il nous montre de la façon la plus frappante la similitude de forme et d'aspect existant entre les parures et outils provenant des stations françaises et ceux des oppidums de la Bohême, de la Bavière et de la Hongrie. Passant aux sépultures, auxquelles il consacre des développements étendus, il fait apparaître de même l'homogénéité des caractères que présentent celles-ci dans toutes les régions de la France ainsi qu'à l'étranger.

Parmi les armes, ce sont les épées surtout, instruments principaux de défense des peuples de ces temps reculés, qui retiennent l'attention de l'auteur. Notons aussi d'intéressants détails sur les chars de guerre et leurs harnachements, sur les cuirasses, les boucliers, et tout l'outillage militaire. Les objets de parure et de toilette, trouvés en très grand nombre, révèlent la passion des Celtes pour les bijoux et le goût délicat de leurs artistes. Après tous les objets d'ornement, l'auteur décrit les outils et instruments, servant à tous les usages de la vie, à l'agriculture, à la pêche, et il fait ressortir l'abondance et la variété des outils de fer parmi les trouvailles de la Tène III. L'examen des ustensiles servant au culte domestique, des ustensiles de cuisine, des vases de métal et des poteries, amène J. Déchelette à fournir d'intéressants aperçus sur les importations fréquentes en pays celtique des vases de bronze italo-grecs et sur les caractères des produits céramiques au second âge du fer. Enfin, il termine par un important chapitre sur l'art celtique qui, à ce second âge du fer, constitue un véritable art national, et qui a pris naissance dans les régions voisines du Rhin moyen à partir du Ve siècle; il nous en montre les diverses productions, art ornemental, sculptures, émaux, monnaies. Les considérations données par l'auteur sur le commerce des Celtes achèvent de mettre en lumière la grande place qu'occupa leur civilisation au début de notre histoire.

Gustave Regelsperger.

1. *Revue générale des Sciences*, 30 janvier 1915, p. 37.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 10 Mai 1915

1° Sciences physiques. — M. **G. Chesneau** : *Contribution à l'étude chimique des vitraux du Moyen Age.* L'auteur a analysé quelques verres de vitraux provenant de la cathédrale de Reims. Le verre violet contient avec le manganèse à l'état de Mn^2O^3, qui est le colorant principal, de l'oxyde de fer avec des traces de Cu et Co; ce sont les éléments généralement associés dans les pyrolusites impures, et qui donnent aux vitraux violets du XIIIe siècle le ton *chair* qu'on n'obtient jamais avec Mn^2O^3 pur. Le verre bleu contient les éléments qu'on trouve réunis dans l'arséniosulfure de cobalt naturel; il a donc été coloré avec le safre obtenu depuis bien des siècles avec ce minerai, après l'avoir débarrassé du Ni. La teinte du verre vert a été obtenue par le mélange habituel d'oxydes de cuivre et de fer, la nuance étant sans doute influencée par la présence d'un peu de Co et de beaucoup de Mn. Pour le verre rouge, la teinte de l'émail extrêmement mince qui le recouvre sur une face d'une façon très continue est due à l'oxydule de cuivre, suivant le mode connu de fabrication. — M. **J. Bougault** : *Sur les dioxytriazines; synthèse de semi-carbazides substituées.* Lorsqu'on traite l'éther monométhylique de la benzyldioxytriazine par la soude étendue et à l'ébullition, il se dégage de la monométhylamine et il se forme une méthylsemicarbazone de l'acide phénylpyruvique. Cette dernière, traitée par HCl concentré à froid, donne de l'acide phénylpyruvique et du chlorhydrate de 4-méthylsemicarbazide. Cette méthode est générale et permet de préparer les 4-alcoylsemicarbazides. — MM. **A. Pictet** et **M. Bouvier** : *Sur les hydrocarbures saturés du goudron du vide.* Ces hydrocarbures ont été séparés du goudron du vide par traitement avec SO^2 liquide, qui dissout seulement les hydrocarbures non saturés. La partie insoluble, soumise à la distillation fractionnée, a fourni 4 composés nouveaux bien définis, appartenant, comme les deux précédemment décrits, à la série $C^n H^{2n}$. L'un est un hexahydrodurène $C^{10}H^{20}$ et un autre un hexahydromésitylène C^9H^{18}. Ces hydrocarbures paraissent identiques à ceux que Mabery a retirés des pétroles du Canada et de Californie. Enfin, par distillation sous pression réduite, on a encore isolé un hydrocarbure $C^{30}H^{60}$, de la même série, F. 62°-63°, qui préexiste dans la houille et est identique au mélène provenant de la distillation sèche de la cire d'abeilles. — M. **G. Murgoci** : *Sur la rhodusite et l'abriachanite.* La rhodusite et l'abriachanite sont les termes ferriques extrêmes de la série de la glaucophane; elles sont plus ferriques que la crossite. Il est à remarquer que, dans cette série, comme dans celle de la riébeckite, il existe deux termes : l'un, la rhodusite, avec le plan des axes optiques parallèle à g^1 (010), comme dans la riébeckite; l'autre, un peu alumineux, avec ce plan perpendiculaire à g^1, comme dans l'osannite; on peut désigner ces derniers termes sous le nom d'abriachanite, en y comprenant la tschernichevite.

2° Sciences naturelles. — M. **Eug. Pittard** : *Anthropométrie comparative des populations balkaniques.* Voici quelques-unes des moyennes obtenues par l'auteur. Taille : Serbes, 1709,1 mm.; Turcs, 1679 mm.; Albanais, 1678 mm.; Grecs, 1670,4 mm.; Bulgares, 1667 mm.; Tatars, 1657 mm.; Roumains, 1656 mm. Si on calcule le développement général du crâne en fonction de la stature, on trouve que ce sont les Roumains et les Tatars qui viennent en tête, puis les Grecs et les Albanais; ceux-ci sont suivis par les Bulgares et enfin par les Turcs et les Serbes. Au point de vue du développement absolu du crâne, les peuples balkaniques se rangent dans l'ordre décroissant suivant : Grecs, Roumains, Tatars, Turcs, Bulgares, Albanais, Serbes. — M. **St. Meunier** : *Sur la part qui paraît revenir aux phénomènes mécaniques dans l'élaboration des roches cristallophylliennes.* L'auteur estime que les phénomènes mécaniques — d'où résultent, comme produits les plus visibles, les refoulements des grandes lames de charriage — ont dans la substance des roches des contrecoups internes, de toutes les dimensions jusqu'à celles des fissures microscopiques qui forment des réseaux inextricables au travers des minéraux des roches cristallophylliennes. Ces fissures s'offrent à la circulation incessante de fluides minéralisateurs dont le sol est imprégné jusqu'à de grandes profondeurs et qui, arrachant aux roches certains éléments, déposent en échange la substance conjonctive dans laquelle sont empâtés les débris cristallins. C'est seulement par l'intervention de ce mécanisme de broyage et de rebroyage, alternant avec des cimentations et des recimentations, qu'on peut comprendre la structure des roches cristallophylliennes. — M. **C. A. Ktenas** : *Sur les minerais de fer d'origine ignée de la Grèce orientale et sur leurs transformations.* Les gisements de fer de la Grèce orientale proviennent de la décomposition d'amas de magnétite et d'hématite chromifères et nickélifères, constituant des gîtes d'inclusion dans des péridotites. L'altération a donné naissance à une formation de minerais de fer en grains et à celle de sécrétions latérales nickelifères (garniérite, nouméite?). L'altération atteint ordinairement les gîtes dans toute leur épaisseur; elle serait causée par l'altération simultanée des substances serpentineuses qui y sont mélangées. — M. **N. Arabu** : *Etudes sur les formations tertiaires du bassin de la mer de Marmara.* Tandis que, sur les bords du bassin, les différents termes du Tertiaire se présentent sous des facies littoraux, peu épais, riches en fossiles, au centre ils sont représentés par des facies de géosynclinal, très épais, monotones, où les fossiles sont très rares et mal conservés. En rapprochant ces faits de celui de l'existence de bas-fonds dépassant 1000 m. de profondeur, alignés suivant l'axe de la mer de Marmara actuelle, on peut conclure que ce remarquable sillon est très ancien. Il serait d'origine tectonique et se placerait entre le Priabonien et l'Oligocène. — M. **J. Deprat** : *Les zones plissées intermédiaires entre le Yunnan et le Haut-Tonkin.* Les observations de l'auteur lui permettent de dresser une coupe générale depuis le pays sseutchoanais situé au nord de la grande bouche du Kin-cha-kiang jusqu'au littoral pacifique du golfe du Tonkin. On y trouve la succession de zones suivantes : Au nord du Kin-cha-kiang, une grande masse charriée, ou masse du Kiao-ting-chan, chevauche, en s'avançant vers le Sud, l'arc yunnanais. La branche orientale de l'arc yunnanais, accompagnée de la partie chinoise du faisceau sino-annamitique, est plissée vivement en plis déversés vers l'ESE, souvent accompagnés de charriages locaux. Toute cette vaste zone, qui forme le Yunnan jusqu'au Nan-ti, chevauche à son tour la zone des plis du Song-Chay et du Nan-ti, formée d'une masse d'écailles et de brèches empilées. Cette zone à son tour passe au Sud à une région de plis couchés, bouleversés, qui, dans la région de la basse Rivière Noire et du Delta, passe à une série d'écailles qui chevauchent largement la région mésozoïque tonkinoise avoisinant la mer.

Séance du 17 Mai 1915

1° Sciences physiques. — M. **D. Berthelot** : *Calcul de la constante de Despretz-Trouton.* La loi de Despretz-Trouton, $L/T_n = 18$ (où L est la chaleur latente de vaporisation interne et T_n la température absolue d'ébullition sous la pression atmosphérique), a été découverte d'une manière purement empirique. L'auteur montre qu'on peut calculer a priori la valeur de la constante si l'on connaît avec une exactitude suffisante l'équation caractéristique des fluides. Les essais tentés dans cette voie n'ont pas été satisfaisants, à cause du manque de rigueur de l'équation de van der Waals. Mais si l'on emploie l'équation caractéristique proposée par l'auteur en 1902, on arrive pour le coefficient de Despretz-Trouton à une valeur en parfait accord avec l'expérience. — M. **E. Léger** : *Sur le citrate trimagnésien et les prétendus citrates magnésiens basiques.* En mélangeant deux solutions alcooliques bouillantes, l'une d'acétate de Mg (3 mol.), l'autre d'acide citrique (2 mol.), l'auteur a obtenu un citrate trimagnésien renfermant environ 7 H^2O. Il se dissout instantanément dans deux fois son poids d'eau froide, et la solution dépose après un certain temps des cristaux de l'hydrate à 13 H^2O qui solidifient tout le liquide. En maintenant sur le bain-marie, pendant une vingtaine d'heures, une solution concentrée de citrate trimagnésien, la liqueur se trouble et l'on obtient un précipité cristallin insoluble, constitué par un nouvel hydrate à 9 H^2O. Les trois citrates magnésiens basiques de Kämmerer n'ont pu être reproduits par l'auteur. — M. **O. Bailly** : *Synthèse de l'acide α-glycérophosphorique.* En soumettant le monallylphosphate de Ca à l'action du permanganate de K en solution aqueuse étendue et froide, et précipitant par $CaCl^2$, on obtient l'α-glycérosphosphate de Ca, neutre à la phtaléine en solution aqueuse; 100 gr. d'eau dissolvent à 15° 5 gr. 21 de sel anhydre. Oxydé par l'eau de brome à froid, ce sel engendre abondamment de l'acide dioxyacétone-phosphorique.

2° Sciences naturelles. — M. **J. Bergonié** : *Résultats obtenus dans la recherche, la localisation et l'extraction des projectiles magnétiques au moyen de l'électro-vibreur.* L'emploi de l'électro-vibreur (voir p. 257) supprime complètement les échecs dans l'extraction chirurgicale des projectiles magnétiques (actuellement 95 %), échecs auxquels donnent lieu bien souvent les méthodes si nombreuses de localisation par la radiographie et la radioscopie; il rend désormais inutile toute recherche antérieure et par conséquent : schémas, repères, calculs, figures géométriques, compas divers, tiges à introduire dans les plaies, etc. Il lui suffit de l'anesthésie locale dans la plupart des cas, d'incisions courtes; il mène au résultat en peu de temps; il ne présente, même lorsqu'on prolonge les recherches, ni danger, ni même inconvénient pour le blessé, le chirurgien ou les assistants. — M. **F. Legueu** : *Les réactions biologiques de l'adénome prostatique.* Chez les porteurs d'adénome prostatique, l'auteur a toujours trouvé une augmentation notable des polynucléaires éosinophiles (7 à 8 %); cette éosinophilie disparaît dès que l'adénome est enlevé.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 11 Mai 1915

M. **L. Landouzy** : *Les taches blanches de la muqueuse jugale et commissurale, dites « plaques de fumeur », fonction de syphilis.* L'auteur a déjà montré il y a sept ans que la syphilis est la cause des leucoplasies buccales dites « plaques de fumeur », et que l'usage du tabac n'en est que l'occasion, comme pourrait l'être toute autre irritation, continue ou fréquemment renouvelée, des muqueuses d'un syphilitique. Aujourd'hui l'auteur apporte une preuve nouvelle de la nature spécifique de ces leucoplasies; elle est fournie par les résultats de la réaction de Wassermann, que M. Landouzy a cherchée depuis trois ans sur tous les malades (hommes et femmes) porteurs de leucoplasie jugale ou commissurale, fumeurs ou non fumeurs. Dans la grande majorité des cas, cette réaction a été nettement positive. — MM. **R. Dujarric de la Rivière** et **J. Leclercq** : *Étude clinique, anatomo-pathologique et histochimique de cas d'intoxication par les gaz irritants employés par les Allemands à Langhemarck.* Les auteurs ont pu observer à Calais 112 soldats ayant subi l'action des gaz irritants employés par les Allemands à Langhemarck. Cette action a déterminé des manifestations cliniques variées : dans la majorité des cas, les phénomènes bronchiques ou pulmonaires sont au premier plan; mais l'atteinte hépatique ou rénale est assez fréquemment notée, quelquefois dominant le tableau clinique. La plupart des malades ont présenté des phénomènes pulmonaires sans gravité; il s'agissait ordinairement d'une inflammation de tout l'arbre respiratoire, s'étendant jusqu'aux plus fines ramifications bronchiques. Chez quelques sujets, l'atteinte pulmonaire a été profonde, comme en témoignent les cas de broncho-pneumonie et surtout de gangrène pulmonaire qui ont été observés. Caractérisée au début par la présence d'éléments desquamatifs et de quelques polynucléaires, la formule des crachats s'est bientôt modifiée pour montrer la congestion et, dans quelques cas, la nécrose du poumon. L'autopsie d'un sujet mort a mis en évidence la congestion importante de tout l'arbre respiratoire, une vascularisation anormale du tube digestif et la dégénérescence massive du foie, de la rate et des reins. — M. **O. Pasteau** : *Résultats obtenus par l'emploi du sérum spécifique polyvalent de Leclainche et Vallée.* Cet emploi ne présente par lui-même aucun danger. Son action est absolument nette en ce qui concerne la diminution de la quantité de la suppuration des plaies déjà détergées. Par contre, l'usage de ce sérum favorise un bourgeonnement parfois assez intense de la plaie et tel que de petites rétentions purulentes peuvent se faire en certains points dans des plaies anfractueuses ou profondes. Il serait donc préférable d'en réserver l'emploi aux plaies largement ouvertes. — M. **Em. Maurin** : *L'osséine, substance alimentaire.* L'auteur préconise l'emploi alimentaire de la matière organique des os, ou osséine; c'est une substance albuminoïde dont la teneur en azote, 16 à 18 %, est quatre fois supérieure à celle de la viande; on l'obtient en débarrassant les os de leur matière minérale, au moyen de l'acide chlorhydrique dilué. On peut l'employer sous forme de poudre, soit poudre grossière, comme du gros tapioca, qui peut être prise directement dans du bouillon ou du potage, soit poudre fine, véritable farine d'osséine, qui peut être associée à la farine ordinaire pour la confection d'un biscuit, d'un gâteau sec, d'un pain des plus substantiels, sans parler des autres préparations qu'il est facile d'imaginer. En dehors de sa valeur simplement nutritive, l'osséine paraît posséder des propriétés thérapeutiques qui en font, grâce aux phosphates qu'elle retient, un agent reconstituant et reminéralisateur précieux dans la tuberculose et le cancer.

Séance du 18 Mai 1915

M. **Meillère** : *Rapport sur l'utilisation de la farine de riz dans la fabrication du pain.* Le rapporteur conclut qu'aucune raison d'ordre pratique ou hygiénique ne paraît s'opposer à la fabrication ou à la consommation d'un pain préparé avec une certaine proportion de farine de riz. Il y a lieu de procéder à des essais de substitution partielle du riz au froment, dans la proportion maximum de 20 %, pour la fabrication du pain. La Commission propose d'émettre le vœu que les Pouvoirs publics y fassent procéder dès maintenant, dans les boulangeries militaires ou hospitalières. — M. **Lagrange** : *Des désordres oculaires médiats ou indirects par les armes à feu.* L'auteur a reconnu, d'après de nombreuses observations, que : 1° les projectiles sont susceptibles, quand ils pénètrent dans l'organisme, de produire à distance, dans les centres nerveux, dans les

nerfs périphériques, dans les organes des sens (œil, oreilles, odorat) des désordres graves irréparables; 2° il n'est pas nécessaire, pour produire ces désordres, que les projectiles atteignent directement le blessé; le déplacement de l'air produit par l'éclatement d'un obus suffit à l'apparition des mêmes lésions. — MM. **P. Marie** et **G. Roussy** : *Sur la possibilité de prévenir la formation des escarres dans les traumatismes de la moelle épinière par blessures de guerre.* Contrairement aux notions classiques, les auteurs ne considèrent pas l'escarre comme un trouble trophique d'origine centrale, médullaire, mais bien comme un trouble trophique d'origine locale, résultant à la fois de la gêne mécanique et de l'irritation chimique des téguments produite par les déjections, gêne et irritation auxquelles se joint rapidement un processus infectieux. De cette conception résultent une série de précautions à prendre, soit préventives ou immédiates, qui peuvent permettre de conserver la vie des malades dans les cas de lésions incomplètes. — M. **H. Labbé** : *Destruction des poux et traitement des phtiriases.* L'auteur critique les divers moyens employés jusqu'à présent pour la destruction des poux, qui n'ont donné que des résultats insuffisants (bains, lotions aqueuses ou grasses, poudres). Les vapeurs sont préférables, mais beaucoup immobilisent simplement les poux et ne les tuent qu'après un contact très prolongé. L'auteur a trouvé dans l'anisol un corps qui joint à des propriétés immobilisantes énergiques un pouvoir destructeur rapide. On se servira, pour le traitement de la phtiriase, d'une solution d'anisol étendue à 2,5 ou 5 °/₀ dans l'alcool faible; on la pulvérisera sur toutes les parties du corps envahies et également sur les vêtements ou sous-vêtements.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 1er Mai 1915

M. **A. d'Almeida Rocha** : *Oscillations de l'asymétrie ergographique en fonction de la fatigue.* Les individus qui travaillent à l'ergographe donnent un rendement mécanique plus grand tantôt à droite, tantôt à gauche. L'auteur a recherché l'influence de la fatigue sur cette asymétrie. La fatigue initiale apporte un équilibre dans l'asymétrie, tandis que la grande fatigue fait apparaître, au contraire, un déséquilibre avec prédominance du côté droit pour les hommes, du côté gauche pour les femmes. Ce fait confirme la conclusion antérieure de l'auteur que la femme est plus asymétrique que l'homme et qu'elle est foncièrement gauchère, tandis que l'homme est droitier. — M. et Mlle **E. Wollman** : *Les microbes dans l'alimentation des têtards.* Les auteurs ont fait une série d'essais comparatifs en alimentant des têtards avec : du pain, — un mélange de viande, œufs et fromage, — des têtards morts, — des bacilles vivants ou tués; une autre série de têtards étaient laissés à jeun. Les résultats montrent avec netteté que les têtards peuvent parfaitement utiliser les bactéries pour leur alimentation. — MM. **C.-I. Parhon** et **E. Savini** : *Essais de culture microbienne sur milieux glandulaires.* La bactéridie charbonneuse pousse bien sur le testicule, l'ovaire et le corps jaune (bœuf) en donnant après 20 h. à 37° une couche assez bien développée, grisâtre, luisante, s'épaississant dans la suite et prenant après une semaine un aspect granuleux fin et une couleur jaune soufre; sur les tranches de foie et de glande salivaire, on obtient à peu près les mêmes résultats. Le bacille tuberculeux se développe bien sur les tranches de testicule, d'ovaire et de corps jaune, et donne naissance après 12 à 15 jours à des colonies blanc jaunâtre isolées, qui confluent en formant une couche mamelonnée; le même bacille pousse assez bien sur le foie et y forme des colonies isolées plus ou moins grosses. — M. **E.** et Mme **Th. Savini** : *Thyroïde et anaphylaxie.* Tandis que tous les cobayes anaphylactisés par le sérum de cheval succombent rapidement après l'injection de la dose déchaînante, les animaux traités préalablement par la thyroïde y résistent très bien, et même si parfois surviennent quelques phénomènes inquiétants, ceux-ci se dissipent plus ou moins vite et les animaux se remettent aussitôt et définitivement. — M. **E. Savini** : *Organothérapie appendiculaire et constipation.* L'auteur, ayant conçu l'existence d'une constipation d'origine appendiculaire, due à l'insuffisance sécrétoire de cet organe, a étudié l'effet de l'organothérapie appendiculaire (sous forme de poudre d'appendice) dans un certain nombre de cas de constipation et de colite. Les résultats ont été positifs dans 60 à 70 °/₀ des cas de constipation chronique habituelle ou de constipation accidentelle, et seulement dans 20 °/₀ des cas de colite muco-membraneuse. La constipation des individus réfractaires est donc conditionnée par d'autres facteurs que l'insuffisance appendiculaire. — MM. **L. Camus** et **E. Gley** : *Sur la toxicité du sérum sanguin de raie.* Tandis que le sérum sanguin de torpille est très toxique, celui de la raie, poisson du même groupe, n'a qu'une faible action sur le lapin en injection intra-veineuse, et possède également une action hémolytique très faible. — MM. **E. Gley** et **R. Loewy** : *La croissance des phanères au cours de la réparation des plaies de guerre (hypertrichose d'origine traumatique).* Les auteurs ont eu l'occasion d'observer depuis plusieurs mois à l'Hôpital militaire du Panthéon de nombreux cas de blessures graves des membres, du membre supérieur surtout, avec ou sans lésions nerveuses, et qui étaient suivies, lors de la réparation des tissus, d'une croissance exagérée des poils et quelquefois aussi des ongles. Ces faits de croissance sont à rattacher peut-être à la catégorie des réfections de tissus consécutives au dépérissement causé par les maladies infectieuses graves, telles que la fièvre typhoïde, et qui se produisent lors de la convalescence de ces maladies.

Séance du 15 Mai 1915

M. **Ed. Retterer** : *Les fibres-cellules de l'utérus gravide sont striées en travers.* Le myométrium de l'utérus gravide ne différerait, selon le dogme classique, de celui de l'utérus vide que par des fibres-cellules considérablement hypertrophiées. L'auteur montre que, dans les cornes utérines de la lapine, dans l'utérus ou la trompe de Fallope gravides de la femme, le protoplasma de la fibre-cellule prend l'apparence et la structure d'une fibre musculaire striée en long, en travers ou obliquement. C'est une nouvelle preuve que les organes et les cellules modifient leur structure selon le travail qu'ils ont à fournir. — M. **A. Guilliermond** : *Nouvelles observations vitales sur le chondriome des cellules épidermiques de la fleur d'Iris germanica.* L'auteur a observé dans les cellules épidermiques de la fleur d'*Iris germanica* les diverses phases de l'élaboration des grains d'amidon et de la xanthophylle au sein des chondriocontes, puis la transformation des chondriocontes en gros corpuscules globuleux (leuco ou chromoplastes), enfin la formation de nombreux globules graisseux dans les chondriocontes et dans les plastes. — M. **J. Nageotte** : *Le processus de la cicatrisation des nerfs.* L'auteur déduit de ses observations que, lorsque le rapprochement des deux bouts d'un nerf sectionné ne peut pas être opéré, il est inutile, et même nuisible, d'essayer de canaliser les bourgeons nerveux dans le calibre d'une veine greffée. Une suture à distance, avec écartement de 15 mm., donne, chez le chien, au bout d'un mois, une ébauche cicatricielle qui laisse espérer une solution favorable avec, naturellement, un grand retard dans la neurotisation. — M. **A. Orticoni** : *Procédé d'hémoculture pour le diagnostic et l'identification rapides du bacille d'Eberth et des bacilles paratyphiques.* L'auteur ensemence 10 à 15 cm³ de sang retiré du malade dans des fioles à hémoculture contenant 100 gr. de bouillon de viande à 2, 5 °/₀₀ de glucose stérilisé à 105° et additionné au moment de l'emploi de 2 à 3 cm³ de bile de bœuf filtrée et stérilisée. Dans la grande majorité des cas, les bacilles poussent en 12 à 14 heures.

Tandis que les bacilles typhiques ne donnent aucune fermentation du glucose, les germes appartenant au groupe paratyphique produisent une fermentation très nette du bouillon sucré, qui se traduit par une couronne de bulles de gaz à la surface. — M. **L. Martin** : *Le bouillon panse-foie pour la culture du bacille typhique.* L'auteur prépare son bouillon en traitant par 20 cm³ d'HCl dissous dans 2 litres d'eau 200 gr. de foie de bœuf ou de porc haché et 200 gr. d'estomac de porc haché. Après digestion de 12 à 24 h. à 50°, on porte à l'ébullition, refroidit, décante le liquide clair, neutralise à la soude, alcalinise légèrement, chauffe à 120° et filtre. Les bacilles typhiques et paratyphiques poussent très bien et très rapidement dans ce bouillon ; comme il contient un peu de glucose, les paratyphiques y produisent des bulles de gaz et le liquide devient acide, puis alcalin, tandis qu'avec les typhiques le liquide devient simplement acide.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 22 Avril 1915

Sciences physiques. — M. **F. Horton** : *Effets de différents gaz sur l'émission d'électrons par les solides incandescents.* Les expériences décrites par l'auteur montrent que l'émission d'électrons par un filament de Nernst incandescent est indépendante de la nature du gaz dans le tube de décharge, au moins pour l'air, l'oxygène, l'azote et l'hydrogène, et qu'on en peut dire autant de l'émission électronique de la chaux. Aux basses pressions, le courant thermoionique partant d'une cathode donnée dans des conditions définies est pratiquement identique dans les quatre gaz. Aux hautes pressions, les courants thermoioniques, dans des conditions similaires, varient ; mais l'accroissement du courant thermoionique ne signifie pas nécessairement une augmentation d'émission électronique de la cathode ; les courants forts qui sont obtenus sous certaines pressions, en particulier avec H, sont le résultat de l'ionisation des molécules gazeuses par des collisions. H et O diffèrent largement dans leurs affinités pour la substance d'une cathode en oxyde, de sorte que l'égalité de l'émission électronique dans ces deux gaz prouve que les électrons ne sont pas produits par action chimique entre la cathode et le gaz environnant. Dans le cas d'une cathode de platine, H semble provoquer une émission légèrement accrue, qui proviendrait de l'absorption du gaz par le platine. Ce résultat a été d'abord obtenu par H. A. Wilson, qui, par une étude soigneuse de la relation entre le courant thermoionique et la pression gazeuse, a établi le fait que H se dissout dans le platine, et ne s'y combine pas. Il est donc improbable que l'augmentation d'émission du platine produite par H soit due à une réaction chimique. Le mode exact d'action de H est toujours inconnu, mais Wilson a montré que les résultats expérimentaux sont d'accord avec l'hypothèse que les atomes d'H dans les couches superficielles du platine sont chargés positivement et diminuent le travail qu'un électron doit accomplir pour s'échapper du métal. Avec une substance comme la chaux ou les oxydes du filament de Nernst, qui n'absorbent pas H, l'émission électronique n'est pas altérée par la présence de ce gaz. — M. **T. R. Merton** : *Origine de la série 4686.* L'auteur a essayé de trouver l'origine de la série 4686 en mesurant les largeurs relatives de la ligne 4686 et des lignes de l'hélium, et en calculant les masses relatives des atomes connexes par les relations de lord Rayleigh, Michelson, Buisson et Fabry. Il arrive à la conclusion que : ou bien la largeur de la ligne 4686 est controlée par des circonstances encore inconnues, ou bien cette ligne est engendrée par des systèmes de masse sous-atomique. — M. **W. S. Tucker** : *Chaleurs de dilution des solutions concentrées.* La dilution a été obtenue par addition d'eau à la température de l'air, en procédant par petites étapes. On a déterminé exactement les chaleurs spécifiques des solutions à diverses concentrations, de façon à pouvoir calculer les chaleurs de dilution pour toute concentration moyenne. Les solutions de HCl, Li Cl et Na OH donnent des résultats qui semblent montrer une relation linéaire avec la concentration de masse dans l'intervalle où la chaleur de dilution a une valeur appréciable. Les courbes montrent que cette chaleur de dilution, si l'on admet la relation linéaire, s'évanouit à une concentration correspondant à la formation d'un hydrate simple du corps dissous. Ainsi la ligne droite reliant la chaleur de dilution et la concentration de masse pour les solutions d'HCl coupe, si on la prolonge, l'axe des concentrations à HCl. 15 H^2O. Les solutions de Li Cl et de Na OH fournissent de même des hydrates à 8 H^2O. Les équations qui représentent ces résultats pour les solutions concentrées sont du type : $dQ/dN = (a/N) - b$, et la chaleur totale dégagée par dilution de N molécules d'eau jusqu'à l'infini est $Q = a \log_e N - b N + c$, où a, b et c sont des constantes. Le même type d'équation s'applique bien aux résultats de Thomson pour les solutions d'acides sulfurique, bromhydrique, nitrique et acétique, et révèle les hydrates-limites H^2SO^4. 24 H^2O et 2 $CH^3.CO^2H$. 3 H^2O. Ces relations ne s'appliquent pas aux solutions diluées. — M. **R. J. Strutt** : *Une modification chimiquement active de l'azote produite par la décharge électrique.* VI. L'auteur montre que l'azote parfaitement pur, soumis à la décharge, ne donne qu'une petite quantité d'azote actif. L'addition d'une trace de gaz étranger — mais pas nécessairement l'oxygène ou un gaz oxygéné — augmente considérablement la production d'azote actif. La meilleure addition paraît être de 1/1000°, mais une addition de 1/30.000° de méthane produit un effet distinct. L'auteur suppose que l'impureté agit en chargeant les électrons dans la décharge et en modifiant le caractère de leur choc contre les molécules d'azote. En effet, les gaz portant O, S, Cl, C et H, qui, d'après J. J. Thomson et Franck, sont capables de s'attacher à des électrons pendant la décharge, provoquent la formation d'azote actif. L'argon, l'hélium et l'azote, qui ne peuvent charger les électrons, ne produisent pas la formation d'azote actif. L'azote actif, agité avec du mercure liquide froid, forme un azoture, mais sans qu'il se développe un spectre du mercure, comme lorsqu'on opère avec les vapeurs de ce dernier. L'azote actif, agissant sur le méthane, le pentane et l'heptane purs, forme de l'acide cyanhydrique.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 23 Avril 1915

M. W. B. Morton et Mlle **M. Darragh** : *Sur les théories de Voight et d'Everett relatives à l'origine des tons de combinaison.* Voight relie l'existence des tons de sommation et de différence[1] au fait que les points stationnaires de la courbe de vibration composée, quand les tons primaires ont des énergies égales, peuvent être groupés d'une certaine façon sur des courbes sinusoïdales qui se présentent dans les périodes de ces tons de combinaison. Contre cette hypothèse, les auteurs font valoir que : 1° les mêmes points peuvent être également bien groupés sur toute une série de courbes d'autres fréquences ; 2° que la distinction des tons de combinaison, dans cette théorie, varierait beaucoup avec les relations de phase des tons primaires ; 3° que les tons disparaîtraient quand les énergies des primaires ne sont pas très inégales. Voight applique une méthode similaire au cas où le ton supérieur est faible comparé à l'inférieur pour rendre compte du second battement de Koenig ; mais on peut lui opposer encore ici la première des objections précédentes. Everett suppose que la distorsion de la courbe de vibration en passant à travers l'oreille introduirait la note dont

1. D'après von Helmholtz, quand on produit simultanément deux tons de fréquences respectives m et n, l'oreille entend le ton de différence de fréquence $m - n$ et le ton de sommation de fréquence $m + n$.

la fréquence est le plus grand facteur commun des fréquences primaires. Les auteurs ont essayé l'effet d'une espèce spéciale de distorsion consistant dans une réduction proportionnelle des ordonnées dans une direction. Le résultat ne confirme pas l'hypothèse d'Everett, mais montre l'apparition de tons de sommation et de différence. M. **S. P. Thompson** rappelle que, suivant Koenig, les tons de combinaison sont simplement des tons de battements et ne peuvent être entendus dans un résonateur. Si ce cas se présentait, c'est la preuve que le ton de combinaison existe objectivement dans l'un ou l'autre des tons primaires, qui ne serait pas *pur*, mais contiendrait le prétendu ton de combinaison comme harmonique. Koenig a trouvé que les battements et les tons de battements se divisent en deux séries correspondant respectivement aux deux restes — positif et négatif — obtenus en divisant la fréquence du ton supérieur par celle du ton inférieur. En prenant comme tons primaires les notes de fréquence 3328 et 2048, on devrait entendre, d'après Helmholtz, le ton de différence 1280 et le ton de sommation 5376; d'après Koenig, le reste positif 1280 et le reste négatif 768. C'est ce dernier cas qui se produit; on ne perçoit pas du tout le ton de sommation 5376. Si l'on prend deux diapasons donnant 2304 et 1024, le seul ton de combinaison entendu est 256, qui n'est ni une différence, ni une somme; c'est le reste positif de la division de 2304 par 1024. La théorie de Voight rend compte de ce fait, celle d'Helmholtz non. — Mlle **M. Saltmarsh** : *Expériences sur les noyaux de condensation produits dans les gaz pour la lumière ultraviolette.* 1° Les noyaux produits dans l'air par la lumière ultraviolette qui a traversé quelques centimètres d'air ne sont pas affectés par un champ électrique de 50 volts par cm. 2° Les noyaux sont également aptes à produire la condensation des vapeurs d'eau, de toluène et de térébenthine, et ils sont formés même par la lumière qui a traversé 50 cm. d'air. 3° La vapeur d'alcool se condense sans expansion sur des noyaux beaucoup plus petits que la vapeur d'eau. 4° La lumière ne forme aucun noyau si O ou CO^2 ne sont pas présents dans le gaz. 5° On n'a pu déceler aucune trace de H^2O^2 dans les nuages formés sur les noyaux. 6° L'oxygène contenant de l'ozone renferme aussi des noyaux de condensation, et ces noyaux ont des propriétés similaires à ceux formés par la lumière ultraviolette. 7° Les noyaux peuvent être détruits en chauffant l'air qui les contient. Il paraît probable que les noyaux formés par la lumière ultraviolette ne provoquent pas la condensation en vertu d'une composition chimique particulière, mais que ce sont des particules assez larges pour agir ainsi que les particules de poussière comme centres autour desquels la condensation peut commencer.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 31 Octobre 1914

1° Sciences mathématiques. — M. **J.-C. Kluyver** : *Sur une formule integrale de Stieltjes.* L'auteur indique un procédé plus court pour trouver la valeur des intégrales, calculées en 1886 par Stieltjes.

2° Sciences physiques. — MM. H.-A. Lorentz et F.-A.-H. Schreinemakers présentent un travail de M. **J.-J. van Laar** : *Le calcul des dimensions moléculaires d'après l'hypothèse de la nature électrique des forces atomiques quasi-élastiques.* L'auteur suppose que les forces atomiques quasi-élastiques prennent naissance sous l'influence de deux charges élémentaires. En partant de cette hypothèse, il calcule pour quelques substances (argon, hydrogène, hélium) le moyen diamètre d'une molécule; il trouve ainsi des valeurs qui sont du même ordre que celles déduites de la théorie cinétique des gaz, et qui sont à peu près les mêmes pour ces trois gaz. — MM. **P Ehrenfest** et **H. Kamerlingh Onnes** : *Déduction simplifiée de la formule de la théorie des combinaisons sur laquelle Planck base sa théorie du rayonnement.* — M. **F.-A. H. Schreinemakers** : *Equilibres dans les systèmes ternaires.* XVII. Examen du cas où la substance solide est le composé binaire d'un constituant volatil. Un pareil cas se présente dans le système Na_2SO_4 + eau + alcool, lorsque la phase solide est l'hydrate $Na_2SO_4 . 10 H_2O$, ou dans le système $FeCl_3 + HCl + H_2O$, lorsque le corps solide est un des hydrates du chlorure de fer, p. ex. $F_2Cl_6, 12 H_2O$. — M. **F.-A.-H. Schreinemakers** et Mlle **W. C. de Baat** : *Sur le système quaternaire :* $KCl — CuCl_2 — BaCl_2 — H_2O$. Résultats des analyses faites pour l'étude des équibres dans ce système, équilibres qui ont déjà été décrits en 1912. — MM. H. Haga et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **Zernike** : *Une formule d'interpolation pour les thermomètres à résistance à basse température.* Au moyen d'une formule algébrique, l'auteur exprime que la résistance est proportionnelle à T à haute température et à T^4 à basse température. Une pareille formule, appliquée aux données relatives au platine, à l'or et au mercure, les représente fort bien, sauf aux hautes températures, où les écarts deviennent de plus en plus grands. — MM. **W. H. Keesom** et **H. Kamerlingh Onnes** : *La chaleur spécifique aux basses températures. I. Mesures concernant la chaleur spécifique du plomb entre 14° et 80° K et celle du cuivre entre 15° et 22° K.* A quelques pourcents près, la chaleur atomique de ces métaux suit la loi de Debye, c'est-à-dire qu'elle est proportionnelle à la troisième puissance de la température absolue. Les auteurs attribuent les écarts à cette circonstance qu'on n'a pas affaire à une substance homogène, mais à un aggrégat microcristallin, composé de plusieurs phases. — MM. **Ernst Cohen** et **W. D. Helderman** : *L'allotropie du plomb.* I. Lorsqu'on refroidit brusquement dans l'eau du plomb fondu et qu'on le met dans une solution d'acétate de plomb acidulée d'acide azotique, on constate qu'au bout de quelques jours le métal se fendille et finit par tomber en une poussière semblable à l'étain gris. Les auteurs ont fait une étude systématique du phénomène, au moyen du pyknomètre et du dilatomètre. — M. **A. F. Holleman** : *Sur la nitration des benzènes dihalogénés mixtes.* Recherches en vue d'exprimer par des nombres les vitesses de substitution inégales d'un troisième substituant (NO^2) sous l'influence des deux groupes halogénés déjà substitués dans le benzène. — MM. A. F. Holleman et S. Hoogewerff présentent un travail de MM. **J. Boeseken** et **W. D. Cohen** : *Sur la réduction des cétones aromatiques. III. Contribution à la connaissance des phénomènes photo-chimiques.* Dans l'action d'une cétone aromatique sur un alcool, sous l'influence de la lumière, il se forme uniquement des pinacones. Les hydrols ne se forment que secondairement. La vitesse de formation de la pinacone est proportionnelle à la concentration de l'alcool, et dépend à un haut degré de la nature de celui-ci, et aussi de la cétone. La lumière activant la réduction de la cétone est comprise entre 400 et 430 $\mu\mu$, et correspond probablement, avec l'arc au mercure, aux longueurs d'onde 404,7 et 407,8.

3° Sciences naturelles. — MM. **A. A. Hymans van den Bergh** et **J. J. de la Fontaine Schluiter** : *L'indication de traces de la substance colorante de la bile dans des liquides contenant de l'albumine.* La réaction d'Ehrlich est un moyen excellent pour déceler et déterminer quantitativement la bilirubine dans le sérum sanguin et d'autres liquides riches en albumine. La propriété de la bilirubine d'être soluble dans l'acétone permet d'extraire du sang, sous forme de cristaux, même de toutes petites quantités de ce pigment. — M. **H. A. Brouwer** : *Roches pneumatolytiques de la région des Bovenlanden van Siak* (Sumatra). Description de roches métamorphisées par contact avec des granites.

J. E. V.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 12 30 JUIN 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Météorologie

Les cyclones tropicaux et les basses pressions atmosphériques. — Un violent cyclone s'est déchaîné le 12 avril 1914 sur un district étroitement délimité de l'Afrique portugaise orientale, comprenant le port nouvellement fondé et en plein développement de Porto Amelia. La destruction de ce dernier fut si complète qu'il n'est pas resté une seule maison non endommagée et que des bâtiments en pierre ont été littéralement rasés au niveau du sol. Les habitations des indigènes voisines de la côte ont été submergées et entraînées par un raz de marée gigantesque et tous les navires anéantis ou échoués à l'intérieur des terres.

Le consul P. Burggraf a récemment publié les observations météorologiques qu'il a relevées au cours de cet ouragan [1]. La plus remarquable est l'abaissement du niveau barométrique, qui est l'un des plus bas qui aient jamais été enregistrés. Tandis que la pression atmosphérique était encore de 750 mm. à midi, elle tombait à 2 heures à 730 mm. et à 3 heures à **698** mm. Ce niveau inférieur se maintint pendant une demi-heure, durant laquelle l'aiguille du baromètre anéroïde ne cessa d'être agitée de vibrations rapides. Puis, vers 3 h. 1/2, l'ouragan du sud cessa subitement, les nuages se dispersèrent et le calme régna dans un ciel presque complètement clair. Mais bientôt une muraille de nuages noirs s'éleva vers le nord. l'ouragan recommença à souffler au nord, atteignant vers 4 heures sa plus grande puissance, tandis que de grosses gouttes de pluie tombaient pareilles à des grêlons. Le baromètre monta alors rapidement; à 4 h. 1/2, la pression était encore de 710 mm.; à 5 heures, elle atteignait déjà 740 mm. et à 5 h. 1/2 755 mm.

On se trouve ici en présence du cas rare d'un observateur placé au centre même d'un cyclone tropical d'une violence inaccoutumée. L'éclaircissement rapide du ciel, l'« œil de la tempête », phénomène qui ne se présente que dans les ouragans tropicaux violents, puis le renversement de la direction du vent dans le sens opposé, l'indiquent clairement. Ce qui est également typique, c'est que la période centrale de calme, qui a coïncidé avec le niveau barométrique minimum, a duré près d'une demi-heure.

L'ouragan de Porto Amelia présente de grandes analogies avec le célèbre cyclone de False Point, qui visita le 22 septembre 1885 les bouches du fleuve Mahanadi dans le golfe du Bengale, fit plusieurs millions de dégâts et engendra un raz de marée de 6, 7 m. de hauteur qui enleva plusieurs milliers de personnes. Ce jour-là, la pression tomba à **687,8** mm. et elle se trouvait encore à 688,3 mm. une demi-heure plus tard. Le raz de marée qui s'est produit dans les deux cas, doit être considéré comme une conséquence directe de l'abaissement de pression atmosphérique, qui produit une élévation du niveau de la mer correspondant à la diminution de la pression qui pèse sur elle.

1. *Deutsch. Kolonialblatt*, 1914, n° 22.

§ 2. — Physique

Quelques propriétés des émanations radioactives. — On désigne sous le nom d'*émanations* des gaz radioactifs produits par certaines substances radioactives. La première émanation qui fut observée est celle du thorium, découverte par Rutherford. C'est principalement pour en expliquer les propriétés, ainsi que pour rendre compte des phénomènes de radioactivité induite, que Rutherford et Soddy ont proposé leur théorie de la désintégration, d'après laquelle chaque forme de radioactivité caractérise un élément chimique d'existence éphémère, dont la disparition résulte d'une transformation en un autre élément chimique.

Pour vérifier cette théorie, il était essentiel de démontrer expérimentalement l'existence d'éléments chimiques ayant une vie relativement courte, dont la formation et la disparition suivent les mêmes lois que celles des radioactivités temporaires.

Le problème était difficile à cause des quantités extrêmement faibles de substances à caractériser. Les expériences ont porté sur l'émanation du radium dont on peut obtenir des quantités relativement grandes. On a

ainsi reconnu que l'émanation paraît produite directement par le radium et qu'elle est caractérisée par un rayonnement α dont le parcours est 4 cm. La vitesse de destruction n'est pas extrêmement rapide; la décroissance est de moitié en 3, 81 jours.

L'émanation est la cause des phénomènes de radioactivité induite; sa destruction est accompagnée de la formation successive de divers constituants qui se déposent sur les parois solides et qu'on désigne sous les noms de radium A, radium B, radium C, puis radium D, E, F; mais, à cause de la très faible vitesse de transformation, les derniers termes n'interviennent guère dans les phénomènes observés avec l'émanation. Au contraire, l'activité des radiums A, B, et C, qui sont produits d'une manière continue par l'émanation, accompagne presque toujours l'activité de celle-ci. Si l'on introduit de l'émanation exempte de dépôt actif dans un récipient, les différents constituants de ce dépôt sont produits d'une manière continue, et au bout d'un certain temps un état de régime s'établit entre ces différents constituants et l'émanation, en sorte que l'on peut, à chaque instant, considérer la quantité de dépôt actif comme sensiblement proportionnelle à la quantité d'émanation présente. Il en résulte que, pour déterminer la concentration de l'émanation, on peut mesurer le rayonnement total, ou même le rayonnement émis par l'un des constituants de l'activité induite. C'est ce qu'on fait le plus souvent; on peut, par exemple, déterminer la quantité d'émanation par l'intensité du rayonnement γ émis par le vase qui la contient, alors qu'elle-même n'émet pas de rayons γ et que ceux-ci proviennent entièrement du radium C.

L'émanation, caractérisée par les propriétés radioactives ci-dessus, se comporte absolument comme un gaz au point de vue physique. C'est ce qui a été mis clairement en évidence par P. Curie.

Les différents essais qui ont été faits dans le but de faire entrer l'émanation dans une combinaison chimique ont complètement échoué, de telle sorte qu'elle se présente comme un gaz inerte faisant partie de la famille de l'argon. Cette circonstance est très favorable pour effectuer sa concentration, car elle permet de débarrasser l'émanation de tous les gaz susceptibles d'être absorbés par des réactifs chimiques (hydrogène, gaz carbonés, oxygène, azote, etc.). Après l'élimination de ces gaz, l'émanation ne peut être accompagnée que par ceux de la famille de l'argon et de l'hélium.

L'émanation est très facilement absorbée par le charbon, principalement par le charbon de noix de coco. A la température ordinaire, le charbon peut absorber la presque totalité de l'émanation mélangée à d'autres gaz, même lorsque sa concentration est très faible.

Enfin l'émanation possède la très curieuse propriété de se condenser sur les parois solides refroidies à basse température Cette condensation se produit à peu près complètement et assez brusquement à partir d'une certaine température, de telle sorte qu'on a pu parler d'une température de condensation; avant cette température (— 155°), la condensation est sensiblement nulle, et à partir de cette température, elle devient très rapidement complète. Cette condensation ne peut d'ailleurs être considérée comme une liquéfaction ou une congélation, elle doit plutôt être assimilée à un phénomène d'absorption sur la paroi refroidie.

M. Debierne[1] a publié récemment la relation des expériences qu'il a entreprises en vue d'établir une démonstration définitive de la nature matérielle de l'émanation et de son caractère d'élément chimique particulier et d'éliminer ainsi l'hypothèse, qui ne pouvait être rejetée *a priori*, d'une émanation constituée seulement par des centres d'énergie particuliers. Il a réussi à préparer l'émanation à un état suffisamment concentré pour pouvoir mettre en évidence ses propriétés de gaz matériel, et étudier son spectre dans de petits tubes de Plucker.

Ces tubes, d'une longueur de 3 à 4 cm., ont un volume de 2 à 4 mm³. La lumière de décharge dans l'émanation est très brillante et très blanche, et le spectre a pu être photographié. Lorsque l'émanation est pure, la pression diminue très rapidement pendant la décharge jusqu'à devenir très faible, et la décharge passe de plus en plus difficilement; si l'on chauffe le tube, la pression augmente de nouveau, mais elle ne revient jamais à sa valeur primitive. M. Debierne pense que l'émanation est absorbée par le platine que pulvérise le passage de la décharge et qui se dépose en face des électrodes; il y a sans doute là un phénomène de condensation analogue à celui que produit le charbon.

Il est donc difficile d'observer la disparition progressive de l'émanation; mais on peut très bien constater les raies de l'hélium qui prend naissance dans les transformations successives de l'émanation. Ces raies sont totalement absentes si l'on observe le spectre peu de temps après l'introduction de l'émanation pure; le lendemain, elles sont déjà très visibles et leur intensité va en croissant peu à peu.

L'émanation est une substance radioactive et, comme pour toutes les substances radioactives, sa transformation en radium A, B, C, etc., s'effectue suivant une loi exponentielle simple, caractérisée par une constante λ. On a déjà pu observer que cette loi n'est pas influencée par les diverses circonstances extérieures, notamment par la température, mais toutes les expériences ont été faites sur des substances radioactives très diluées. En particulier, les recherches sur l'émanation ont porté en fait sur l'émanation mélangée à une très forte proportion d'air. Il était intéressant de voir si la transformation de l'émanation pure s'effectuait suivant la même loi, caractérisée par la même exponentielle. M. Debierne a mesuré simultanément la vitesse de transformation de l'émanation pure à la pression atmosphérique et celle de l'émanation mélangée à l'air; les résultats ont été identiques. Il est également très important de savoir s'il est possible d'exercer une influence sur la vitesse des transformations radioactives en faisant agir des agents physiques déterminés sur les substances en voie de transformation. M. Debierne a essayé l'action du champ magnétique et des décharges électriques sans obtenir d'effet certain. Il y aurait d'ailleurs intérêt, pense M. Debierne, à reprendre ces expériences en augmentant leur précision, de manière à pouvoir mettre en évidence une variation de la constante radioactive de l'ordre de quelques millièmes, ce que ne permettait pas la méthode utilisée par M. Debierne. Il faudrait pour cela perfectionner beaucoup les procédés de mesure et les dispositifs utilisés; cela représenterait un gros travail, mais qui ne serait pas disproportionné à l'importance de la question à résoudre.

Les constantes du radium. — Les constantes du radium données jusqu'à présent dans la littérature se rapportent presque toutes à la préparation étalon de Rutherford-Boltwood, dont la teneur en bromure de radium était considérée comme égale à 3,69 mgr. Après comparaison de cette dernière avec l'étalon international qui se trouve au Bureau des Poids et Mesures de Sèvres, cette teneur a dû être ramenée à 3,51 mgr. Il en résulte que les constantes du radium doivent être modifiées et prendre actuellement les valeurs suivantes[1]:

Quantité de radium en équilibre avec 1 gr. d'uranium..... $3{,}23.10^{-7}$ gr.

Quantité d'hélium produite annuellement par 1 gr. de radium..... 164 mm³

Dégagement de chaleur de 1 gr. de radium en équilibre avec ses produits de décomposition.. 134,7 cal./heure

1. *Ann. de Physique*, 9e série, t. III, p. 18; 1915.

1. E. Rutherford : *Phil. Mag.*, [6], t. XXVIII, p. 320, 1914.

Radium seul	25,1	cal./heure
Emanation seule	28,6	»
Radium A seul	30,5	»
Radium B + C seuls	50,5	»

Volume de l'émanation de 1 gr. de radium en équilibre ..... 0,63 mm^3

Nombre des particules α émises par seconde par 1 gr. de radium ..... $3,57.10^{10}$

Nombre des particules α émises par seconde par 1 gr. de radium en équilibre ..... $14,3.10^{10}$

Charge totale transportée par les particules α qui sont émises par seconde par 1 gr. de radium et par chacun de ses produits de décomposition en équilibre avec lui ..... 33,2 U. é. s.
ou $1,11.10^{-9}$ U. é. m.

Courant total des particules α émises par 1 curie d'émanation :

1. par l'émanation seule ..... $2,89.10^6$ U. é. s.
2. avec ses produits émettant des particules α ..... $9,94.10^6$ »

Charge totale transportée par les particules β qui sont émises par seconde par le radium B ou C en équilibre avec 1 gr. de radium ..... 18,3 U. é. s.

Temps de diminution de moitié du radium 1.690 ans.

De la comparaison du dégagement de chaleur observé directement avec celui qu'on calcule en adoptant la valeur $1,11.10^{-9}$ pour la charge totale des particules α, il résulte que 91 % seulement de la chaleur observée provient du choc des particules α et 2 % de celui des atomes de recul. Le reste de 7 % provient du fait que l'énergie cinétique des électrons entourant le noyau croît proportionnellement à la modification de la charge du noyau.

Quelques effets secondaires des rayons Rœntgen. — Dans un travail récent, Gordon décrit un effet anormal obtenu avec les rayons Rœntgen. Une plaque photographique est posée, le côté gélatine tourné vers le bas, sur une lame de métal, une deuxième lame recouvrant la plaque de façon que les surfaces de contact empiètent l'une sur l'autre. Si l'on fait tomber des rayons X sur la partie supérieure de l'ensemble, on constate que la plaque est beaucoup moins impressionnée dans les parties où les deux lames de métal se recouvrent que dans celles où la plaque est en contact avec la lame supérieure seule.

Le phénomène a été également observé par T. Weeks[1], qui en a fait l'étude systématique, et l'a constaté pour des lames d'argent, de plomb, de fer, de cuivre, et d'autres métaux. L'expérience fondamentale de Gordon a été reprise, une partie de la plaque étant au contact du métal, l'autre à quelques millimètres d'une lame semblable : les effets ont été identiques. En fait, on obtient des transparences de la plaque sensiblement les mêmes qu'il y ait ou non une lame de métal directement sous la plaque, pourvu qu'on protège la plaque contre le rayonnement diffusé par les parois de la salle qui frappe la plaque par dessous.

Ces expériencees prouvent qu'une lame métallique exerce deux effets différents : elle protège la plaque contre le rayonnement diffusé par les régions situées au-dessous ; mais, en même temps, il se produit sur le métal, comme sur toute surface frappée par les rayons X, des rayons secondaires qui contrarient l'effet de protection. L'action de la lame dépend du rapport entre les intensités du rayonnement total diffusé sous la plaque et des rayons secondaires émis directement par le métal.

Les expériences précédentes sont intéressantes en ce qu'elles expliquent pourquoi on peut utiliser les lames métalliques comme écrans renforçateurs en radiographie. Les lames agissent surtout en supprimant le voile général du cliché dû au rayonnement total diffusé sous la plaque ; les contrastes sont, par suite, meilleurs. Mais si, par un procédé quelconque, on réduit suffisamment le rayonnement diffusé, le rôle renforçateur de la lame métallique se trouve bien atténué.

C'est ce rayonnement diffusé par les parois de la salle qui fait qu'une plaque peut être voilée bien qu'on la protège contre les rayons directs. Pour réaliser une protection efficace, il faudrait l'entourer complètement de plomb.

Le passage des rayons α à travers les cristaux. — Partant des résultats obtenus dans les expériences de réfraction des rayons de Rœntgen par les cristaux, MM. K. Heil et M. Reinganum ont étudié les phénomènes qui se produisent lors du passage de rayons corpusculaires (rayons α) à travers les réseaux cristallins. On peut s'attendre à ce que les cristaux soient inégalement perméables aux rayons α qui les frappent sous différents angles, ce qui doit se traduire par une modification du parcours libre des rayons α, dépendant de l'inégale absorption, ou par une dispersion variable. Les expériences des auteurs n'ont pu aboutir à des résultats définitifs, par suite de l'appel de M. Reinganum sous les drapeaux et de sa mort prématurée. Cependant les observations déjà publiées[1] méritent d'être signalées.

Les auteurs ont tenté d'abord de démontrer par voie photographique l'influence cherchée sur le parcours libre des rayons α. Si, dans un cristal placé entre une source ponctuelle de rayons α et une plaque photographique, il existe des directions préférées pour le passage des rayons, la surface de noircissement de la plaque produite par le rayonnement doit différer du cercle normal. Les expériences ont été faites sur des écailles de clivage de mica, puis sur des coupes minces de gypse et de quartz d'une épaisseur de 10μ. A une seule exception près (gypse), cette partie des recherches n'a donné que des résultats négatifs.

Les auteurs ont obtenu plus de succès avec la méthode électrométrique, dans laquelle la variation de parcours d'un rayon α traversant un cristal a été déterminée en faisant tourner ce dernier de 360°. On a observé, aussi bien pour le gypse que pour le mica, des signes très nets de plusieurs maxima et minima des courants d'ionisation déchargeant l'électroscope ; comme, après une rotation de la plaque de 360°, on retrouve presque exactement la valeur originale, le phénomène ne paraît pas attribuable à des erreurs d'expérience.

Les auteurs concluent donc de leurs recherches à l'existence de l'effet cherché, mais celui-ci aurait besoin d'être confirmé d'une façon plus approfondie.

Sur un nouvel appareil à haute fréquence. — M. Liebowitz a décrit récemment, au Congrès de la Société américaine de Physique tenu à Philadelphie en décembre 1914, une méthode nouvelle pour la production des oscillations d'une fréquence appropriée à la radiotélégraphie. Un tube à vapeur de mercure est muni de deux cathodes de mercure et d'une anode en fer ou graphite. Cette cathode est reliée, par l'intermédiaire d'une résistance et d'une bobine de self, au pôle négatif d'un générateur à haut voltage, et l'anode, toujours par l'intermédiaire d'une self, au pôle positif. Un circuit oscillatoire est disposé entre les cathodes. On obtient ainsi des courants alternatifs d'une intensité qui atteint 10 ampères à une fréquence de l'ordre de 500.000 par seconde, mais ces courants ne sont pas stables. Des oscillations très stables ont été obtenues à la fréquence de 35.000 par seconde. La méthode semble spécialement propre à l'obtention de puissances élevées.

§ 3. — Photographie

Développement des clichés à température élevée. — L'élévation de la température accroît notablement l'activité des révélateurs ; elle offre aux photographes un moyen précieux de tirer parti des clichés

1. *Physical Review*, 2e sér., t. V, p. 244, mars 1915.

1. *Ber. der Naturforsch. Ges. zu Freiburg-i. Br.*, t. XX.

sous-exposés, et beaucoup d'opérateurs ont pris l'habitude d'employer, en hiver, des bains plus ou moins chauffés. Cependant, il ne faut rien exagérer à cet égard, car, dès que l'on dépasse 25°, la couche de gélatine risque de se décoller ou de se couvrir de craquelures.

Les décollements sont surtout fréquemment provoqués par les révélateurs alcalins. On évite assez facilement cet accident, si l'on a soin de frotter les bords de la plaque, avant de l'immerger, avec un corps gras quelconque, par exemple un morceau de paraffine ou de chandelle, de manière à tracer, tout autour de la couche, un liséré imperméable à l'eau.

Cette précaution n'empêche pas la gélatine, plongée dans un bain trop chaud, de se gonfler outre mesure, de se ramollir, de devenir visqueuse et de céder au moindre attouchement. Vers 30°, la plupart des émulsions subissent un commencement de fusion, et aucune ne résiste à une température supérieure à 35°. On y obvie aisément, lorsqu'on peut se procurer de la glace ou de l'eau fraîche; mais on est parfois privé de toute espèce de réfrigérant, et, dans les pays tropicaux, notamment, il ne faut pas songer à utiliser les révélateurs ordinaires, quand la température atteint ou dépasse 40°.

La première idée qui se présente, en pareil cas, c'est de rendre la gélatine insoluble. Les moyens ne manquent pas, mais les plus usités offrent quelques inconvénients. Le formol, par exemple, permettrait de plonger la plaque dans l'eau chaude, bouillante même, sans risque de fusion; seulement, la gélatine, trop fortement contractée, se détache du verre, une fois sèche. Quant aux sels de chrome ou d'alumine, ils ne compromettent pas l'adhérence de la couche à son support, mais le sulfite de soude contenu dans la plupart des révélateurs actuellement usités provoque une précipitation de sesquioxyde de chrome ou d'alumine. Cette précipitation, qui empêche l'insolubilisation de la couche, est immédiate dans les révélateurs alcalins. Elle est plus lente dans les révélateurs fonctionnant sans alcali; aussi est-il possible d'employer l'alun avec le diamidophénol, qui développe rapidement sans addition de substances alcalines. La formule suivante a été proposée par M. Trevelyn dans le *British Journal of Photography*:

Eau	1.000 cc.
Diamidophénol	8 gr.
Sulfite de soude cristallisé	75 gr.
Bromure de potassium	0 gr. 75

A 20 volumes de ce bain, on ajoute, au moment de l'emploi, 1 volume d'une solution à 5 °/₀ d'alun de chrome. Le développement s'accomplit un peu plus lentement que dans le révélateur sans alun, car ce composé rend la gélatine moins perméable. Le fixage subit aussi, pour la même raison, un ralentissement appréciable.

Quand la température ne dépasse pas 25°, on peut remplacer l'alun par de l'alcool, dans les proportions suivantes :

Eau	1.000 cc.
Sulfite de soude anhydre	60 gr.
Alcool à 90° (à ajouter peu à peu)	1.000 cc.
Diamidophénol	10 gr.

A des températures plus élevées, il vaut mieux employer le sulfate d'ammoniaque, indiqué par MM. Lumière, qui ont recommandé le bain que voici :

Eau	1.000 cc.
Diamidophénol	5 gr.
Sulfite de soude anhydre	30 gr.
Sulfate d'ammoniaque	250 gr.
Bromure de potassium	3 gr.

Ce révélateur fournit, à la température de 38° à 40°, d'excellents phototypes, en 3 minutes environ.

Le sulfate d'ammoniaque offre l'avantage d'empêcher la fusion de la gélatine, sans cependant la rendre définitivement insoluble. Il s'ensuit que, dès que le révélateur est éliminé, par des lavages à l'eau pure, la gélatine se trouve ramenée à son état primitif. Rien n'empêche alors de la durcir dans l'alun, si l'on doit prolonger les lavages avec de l'eau trop chaude.

Dans les révélateurs alcalins, on ne doit pas employer le sulfate d'ammoniaque, qui détermine le voile dichroïque. L'insolubilisation temporaire de la gélatine peut alors être obtenue à l'aide d'un excès de sulfite de soude. Ainsi, le révélateur au métol-hydroquinone aura la composition suivante:

Eau	1.000 cc.
Métol	1 gr. 5
Hydroquinone	1 gr. 5
Sulfite de soude anhydre	200 gr.
Carbonate de soude anhydre	10 gr.
Bromure de potassium	2 gr. 5

La durée normale du développement, à 40°, est de 3 minutes. La solution se conserve assez longtemps sans altération, mais fournit des images moins pures que celles qu'on obtient avec le diamidophénol additionné de sulfate alcalin. Le diamidophénol ne peut pas être employé avec un excès de sulfite, qui produirait des négatifs entièrement voilés, tandis qu'avec le sulfate d'ammoniaque il donne des images absolument exemptes de voile, sauf, bien entendu, en cas de surexposition. Son seul inconvénient est de ne pas se conserver longtemps en solution, ce qui oblige à préparer le bain de développement au moment de l'emploi ou, du moins, peu de temps à l'avance.

§ 4. — Chimie

L'analyse capillaire du lait. — MM. Kreidl et Lenk[1] ont remarqué que, si des gouttes de lait tombent sur du papier buvard épais à haute teneur en matières minérales, il se forme trois zones concentriques. Le cercle intérieur contient la graisse, l'anneau médian la caséine, l'anneau extérieur l'eau et les matières dissoutes. Les deux zones internes restent visibles pendant des heures, mais l'extérieure devient graduellement indistincte. La caséine et la teneur en eau du lait peuvent être estimées grossièrement en observant la finesse de la limite entre les deux anneaux extérieurs — plus il y a d'eau, moins la délimitation est claire — et leur rapport réciproque.

Le lait des animaux (chèvre, jument, lapine, ratte) qui ressemble au lait de vache à l'examen ultramicroscopique donne la formation tri-annulaire, mais l'anneau médian manque lorsque la caséine est coagulée ou lorsque la teneur en graisse est élevée (jusqu'à 30 °/₀). Le lait de femme ne fournit que deux anneaux, parce que sa caséine est en solution et invisible à l'ultramicroscope.

Comme la vitesse de diffusion d'une goutte de lait sur du papier absorbant dépend principalement de la quantité de graisse, cette dernière peut être déterminée quantitativement d'après la première. Les vitesses de diffusion du lait avec 10 °/₀ de graisse, du lait complet, du lait mouillé à 50 °/₀ d'eau et du lait écrémé sont respectivement de 1, 2, 1,8, 3,1 et 6 cm. à la minute.

Les auteurs ont également étudié les hauteurs auxquelles s'élèvent par capillarité les laits de divers mammifères dans des bandes de papier-filtre. Les différences observées sont dues aux variations de concentration en caséine. Les laits mouillés et écrémés s'élèvent plus haut que le lait pur, mais on ne peut en déduire qu'un échantillon donné a été fraudé.

§ 5. — Biologie générale

L'eugénique et la guerre. — M. J. Arthur Thomson, professeur à l'Université d'Aberdeen, a fait récemment, devant la Société d'Education eugénique, une conférence sur ce sujet, dont nous voudrions signaler quelques points intéressants.

1. *Bull. Bur. intern. Agric.*, 1915, t. VI, 144-146.

Nous n'avons pratiquement, estime M. Thomson, aucune certitude relative à l'effet biologique d'une grande guerre sur une race, mais on peut toutefois discerner plusieurs risques probables, plusieurs indices de tendances dysgéniques dans la guerre moderne.

Autrefois, une bataille était probablement dans la plupart des cas une sorte de passage au crible des moins forts, des moins agiles, des moins courageux des deux côtés, et le résultat d'une guerre était souvent l'élimination pratique des plus faibles dans les deux camps. De cette façon, il a pu y avoir une sélection eugénique des types les plus adaptés aux temps où les combats étaient fréquents. Mais ces temps ont changé et la guerre avec eux. Une nation n'extermine plus une autre nation, et la victoire n'appartient pas nécessairement à ceux qui ont le meilleur physique. De plus, parmi les combattants, l'élimination est soit aveugle, par exemple quand un cuirassé coule, soit dans la mauvaise direction : on confie aux meilleures compagnies les tâches les plus hasardeuses, où la mortalité est souvent terrible, et les plus braves sont les plus exposés à être tués. Cette influence dysgénique est plus particulièrement marquée dans les pays, comme l'Angleterre, où le service militaire est volontaire, et où les engagés comprennent une grande proportion des hommes les plus chevaleresques et les plus courageux.

On a fait remarquer que l'élimination est confinée aux hommes, de sorte que les femmes restent, comme toujours, une sauvegarde eugénique. Mais elles ne peuvent agir directement qu'à la condition d'avoir des enfants, et il est à craindre que la guerre n'augmente considérablement le nombre déjà élevé des femmes non mariées. En outre, les guerres cruelles et prolongées tendent à diminuer la vigueur physique dans un cercle étendu de non-combattants; une dépression maternelle, comme celle que provoque la famine, tend à produire des arrêts de développement et des types inférieurs à la moyenne. Nous n'avons aucune raison de penser que le plasma germinatif soit spécialement affecté, mais on peut supposer que des conditions naturelles très défavorables puissent induire des variations germinables préjudiciables d'une nature héréditaire.

On a dit également que l'entraînement militaire a des effets favorables marqués, qui contrebalancent de nombreuses pertes et incapacités. Nul ne niera la valeur de l'exercice, de la discipline, de la nourriture abondante, des heures régulières; mais les modifications non transmissibles ne peuvent être opposées aux qualités innées. Même en supposant que toutes les modifications acquises pendant la période d'entraînement soient pour le bien, ce qui n'est pas, elles ne diminuent pas les pertes causées à l'héritage naturel de la race dans une armée qui contient quelques-uns des meilleurs cerveaux d'un pays.

Il existe un autre moyen par lequel la guerre exerce une influence dysgénique : en handicapant les hommes les plus distingués. De nombreux combattants reviendront mutilés ou affaiblis; ceux mêmes qui rentreront sains et saufs ne retrouveront pas les choses comme ils les auront laissées. Des milliards auront été dépensés d'une façon improductive, et de nombreuses économies devront être réalisées. Elles opéreront une sélection dans la mauvaise direction, empêchant le mariage et affectant les plus habiles, les artistes, les professions libérales dont le travail est d'une nature telle qu'on peut le plus facilement s'en passer.

L'eugénique et la guerre! le fossé entre l'idéal et la réalité n'est peut-être nulle part plus profond. Car l'eugénique travaille au maintien et à l'amélioration des bonnes qualités héréditaires d'une race, tandis qu'une guerre sévère et prolongée ne peut que les appauvrir. En somme, la guerre, considérée *biologiquement*, signifie un gaspillage et un renversement de la sélection eugénique ou rationnelle, car elle moissonne un nombre disproportionné de ceux que la race peut le moins se permettre de perdre.

Sur l'équilibre naturel entre les diverses espèces animales. — M. Arnold Pictet vient de soumettre, à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, quelques considérations sur cette question qu'il nous paraît intéressant de reproduire ici, d'après le compte rendu qu'en donnent les *Archives des Sciences physiques et naturelles* dans leur numéro du 15 mai 1915.

Les animaux, dit M. Arnold Pictet, sont continuellement en lutte, soit entre eux pour la recherche de la nourriture, soit contre les multiples facteurs du climat. Il en est résulté, entre les diverses espèces animales, un équilibre naturel, établi d'une part par la fécondité spécifique (F), qui est elle-même en rapport avec les difficultés plus ou moins grandes qu'offre la vie des individus, et d'autre part par la destruction (D) et la survie (S). En sorte qu'on a l'équation : $S = F - D$.

Le facteur D se compose de plusieurs éléments dont le rôle varie suivant les espèces et dont les principaux sont les ennemis, les maladies, le climat et parfois l'homme.

Il résulte d'expériences pratiquées par M. Pictet chez les Insectes, et il y a tout lieu de croire qu'il en est de même pour les autres animaux, que S, calculé pour une génération ou bien pour un ensemble de générations, est constant pour une espèce donnée et que, par conséquent, D est constant également pour la même période.

Lorsqu'un des éléments de D augmente d'intensité, ce n'est pas au détriment de S, mais au détriment d'un autre élément de ce facteur D.

Ainsi, si l'on suppose que l'homme, pendant une année, vienne à détruire en masse les individus d'une certaine espèce, dans une localité, cette destruction entraînerait-elle une diminution de la survie? Non pas, mais une diminution du nombre des individus restant à la disposition des ennemis, ces derniers devant chercher ailleurs leur complément de subsistance.

Pour démontrer la constance de S, il faut envisager les deux cas qui peuvent se présenter, à savoir que l'espèce considérée augmente ou reste stationnaire en nombre d'individus d'une année à l'autre. M. Arnold Pictet étudie ces deux cas d'après les recherches qu'il a pratiquées chez les Insectes.

I. *Le nombre des individus d'une espèce donnée n'augmente pas, d'une année à l'autre, dans une localité donnée.* Considérons une ponte de 500 œufs, chiffre que l'on peut admettre comme une moyenne. Ces 500 œufs éclosent et donnent naissance à autant de petites larves qui vont se trouver aux prises avec les divers éléments du facteur D et dont un petit nombre seulement arrivera à l'état d'insecte parfait.

Puisqu'il n'y a pas d'augmentation du nombre des individus, cette ponte donnera forcément comme résultat, à la génération suivante, ce qui est nécessaire à la production de 500 œufs, c'est-à-dire un mâle et une femelle; en conséquence, $D = 498$ (le 99,60 °/₀ de 500) et $S = 2$ (le 0,40 °/₀ de 500). Autrement dit, l'équilibre se trouve établi par :

une destruction (ennemis, climat, maladies, etc..) évaluée à.....	99.60 °/₀
et une protection (mimétisme, homochromie, etc...) évaluée à.....	0,40 °/₀
et contrebalancé par une ponte évaluée à..	100 » °/₀

L'équilibre est, de cette façon, rigoureusement établi; on voit, en outre, que tous les faits d'observation concernant la protection que les Insectes retirent de leur homochromie, de leur mimétisme, des attitudes avantageuses qu'ils prennent à l'état de repos et de leur aptitude à se dissimuler ou à se sauver, faits dont on ne peut nier l'exactitude, ne jouent qu'un rôle minime dans la survivance des individus; mais, si minime soit-il, ce rôle est indispensable puisqu'il concourt à la survie du strict nécessaire au maintien de l'espèce.

M. Pictet donne, des conclusions ci-dessus, de nombreuses preuves expérimentales, dont nous signalerons quelques-unes :

1° C'est un fait d'observation courante que, lorsqu'on

récolte en plein air une certaine quantité de larves adultes pour les élever ensuite en captivité, c'est à peine si l'on obtient deux ou trois imagos, tout le reste des larves ayant été parasité pendant leur vie à l'état libre ou mourant de maladies épidémiques contractées avant leur capture (observé maintes fois avec *Vanessa urticæ* et *io*).

2° Dans une boîte d'élevage, l'auteur place 130 chenilles de *Pieris brassicæ* au sortir de l'œuf, qui peuvent être considérées comme indemnes de tout élément de destruction. Quelque temps après, il introduit dans la boîte quelques couples de *Microgaster glomeratus*. Les chenilles qui échappent au parasite et donnent naissance à leur papillon sont au nombre de 2, ce qui représente une proportion voisine de 0,40 °/₀, en tenant compte de l'élimination des autres facteurs de destruction qui n'ont pas pu agir du fait de la captivité.

3° Lors d'expériences d'hybridation avec des *Ocneria dispar*, il s'est trouvé que 7 lots de chenilles, comprenant un ensemble de plus de 1.100 individus, ont été en partie détruits par une épidémie de flacherie ; 5 chenilles seulement survécurent, ce qui représente encore une survie de 0,40 °/₀.

II. *Le nombre des individus est variable d'une année à l'autre.* Une diminution de l'intensité du facteur D entraînera une augmentation corrélative du nombre des individus qui survivent. Mais cette augmentation n'est que passagère, avec rétablissement de l'équilibre au bout d'un nombre restreint de générations.

En effet, si D n'existait pas, on sait avec quelle prodigieuse progression numérique (à raison de 500 œufs par femelle et par génération) le nombre d'individus augmenterait [1].

Mais on peut imaginer que D soit légèrement inférieur à ce qu'il faut pour maintenir l'équilibre et qu'il laisse survivre, par exemple, sur 100 individus supposés se trouver dans une localité, et pour chaque ponte, *une seule femelle* de plus qu'habituellement ; mais alors c'est d'emblée une augmentation de l'espèce donnée dans une proportion telle que celle-ci est matériellement impossible à maintenir.

On connaît cependant des exemples d'augmentation rapide du nombre des individus d'une espèce. M. Pictet signale l'*invasion* considérable de *Vanessa cardui* qui eut lieu en juin 1906 dans la région de Genève. A la suite de ce vol immense, qui dura 8 jours, il n'y eut pas un seul buisson d'orties ou de chardons dans la région située entre le Salève et le Jura qui n'hébergea plusieurs chenilles de cette espèce ; on en trouvait également dans les jardins potagers sur les artichauts. On pouvait donc s'attendre à voir voler en automne des papillons de *Vanessa cardui* en quantité inusitée. Or, tel ne fut pas le cas : en une génération, l'équilibre fut rétabli par le fait d'une augmentation corrélative du facteur D.

L'auteur signale encore plusieurs invasions d'insectes, dont les plus intenses ont été constatées en Suisse (*Gastropacha pini*, en 1889, 1892 et 1894 ; pyrale du mélèze, en 1864, 1878 et 1900) et en Bavière (*Psilura monacha*, en 1889 et 1892), et qui toutes ont été régularisées l'année suivante, soit sous l'influence d'un été humide, soit par suite d'une recrudescence de certains parasites ou insectivores

Lorsque D arrive à équivaloir F, l'espèce disparaît de la localité ; mais les individus de cette espèce peuvent y revenir des localités avoisinantes. Pour qu'une espèce soit anéantie définitivement, il faut que D soit égal à F dans toutes les contrées où elle se trouve ; c'est ce qui s'est présenté maintes fois durant les époques géologiques et c'est ce qui arrive encore de nos jours de temps à autre.

1. Une augmentation de cette importance s'est présentée lors de l'introduction par mégarde des *Ocneria dispar* et *Porthesia chrysorrhœa* aux États-Unis, où n'existent pas les Ichneumons qui mettent un frein à la trop grande extension de ces Bombyx en Europe.

§ 6. — Hygiène publique

Le procédé Dickson pour le traitement des eaux d'égout. — Il y a quelques années, M. Al. Dickson, de Dublin, remarquait la présence d'une matière flottant sur les eaux de la Liffey, au-dessous du point où elle reçoit les eaux résiduaires de la brasserie Guinness, alors qu'au-dessus de ce point aucune matière semblable n'était visible. Il conçut l'idée que ce dépôt flottant devait être en relation avec la présence de levure dans l'eau. Il chercha à vérifier son idée en traitant de l'eau et des boues d'égout par de la levure de brasserie vivante, dans une petite installation expérimentale, et les résultats confirmèrent son hypothèse. Il reconnut qu'une petite proportion de levure est nécessaire et que la température la plus favorable est de 32° à 36°. Les boues séparées ne contiennent plus que 80 °/₀ d'eau au lieu de 90 °/₀, teneur normale des sédiments bruts

Sur ces bases, M. Dickson a édifié tout un système de traitement des eaux d'égout qui présente d'assez grands avantages pour avoir été adopté par la Ville de Dublin pour le traitement de toutes ses eaux vannes, dont le volume s'élève en moyenne à 60.000 m³ par jour. En voici la description [1] :

Les eaux d'égout sont conduites à une station de pompes, où, après avoir passé par une chambre écran, elles sont élevées de 7 mètres et coulent dans des bassins de sédimentation, au nombre de 18. Après que la sédimentation a eu lieu, l'effluent est conduit dans un canal d'où il se décharge directement dans l'estuaire de la Liffey.

Les boues sont conduites dans une auge ouverte, à travers des grilles qui arrêtent les matières solides qui pourraient bloquer les pompes. On leur ajoute 0,5 °/₀ de levure, mélangée d'eau, et environ 3 °/₀ de boues déjà fermentées ; puis le mélange est pompé dans un « chauffeur » composé d'un certain nombre de tuyaux portés par de l'air chaud à la température de 34°. Il coule de là dans des auges de fermentation en ciment armé, au nombre de 11, sous lesquelles passent des conduites d'air chaud pour maintenir la température à 34°.

Au bout de 24 heures, et même plus tôt, l'action est terminée ; les solides se sont séparés et sont venus à la surface, en laissant au-dessous une portion plus liquide. Les premiers sont évacués dans des bassins spéciaux, tandis que l'effluent, qui ne contient plus que très peu de matière en suspension, est soutiré pour être déchargé dans la rivière. Dans les villes de l'intérieur, il sera préférable de terminer la purification de cet effluent, et M. Dickson a combiné dans ce but un appareil centrifuge où l'effluent tombe sur une plaque tournante qui le projette tout autour d'elle contre une paroi annulaire de matière filtrante (couche de sable) ; cette dernière retient toutes les substances en suspension, même à l'état colloïdal, et laisse s'écouler un effluent parfaitement saturé d'oxygène, qui oxyde toute la matière organique dissoute.

Les boues humides séparées par le procédé à la levure constituent d'excellents engrais ; mais elles doivent être débarrassées préalablement de leur excès d'eau. M. Dickson les traite pour cela dans un dessiccateur spécial, où elles sont soumises à une température de 230° en perdant la plus grande partie de leur eau sans que les pertes en azote dépassent plus de 0,2 °/₀. Le produit obtenu est vendu soit tel quel, soit mélangé avec des phosphates et de la caïnite.

Les recherches sur la nature des réactions mises en œuvre dans le procédé Dickson ont montré que la levure n'est pas l'agent de fermentation, car la levure tuée joue un rôle aussi efficace ; la fermentation est due à des micro-organismes anaérobies qui se nourrissent de la levure. La flottaison des solides est causée par les gaz qu'ils dégagent.

1. *Journal of the Soc of Chem. Ind.*, t. XXXIV, n° 10, p. 517-524 ; 30 mai 1915.

FRÉDÉRIC WINSLOW TAYLOR

(1856, † 1915)

Le grand ingénieur américain Frédéric Winslow Taylor est mort à Philadelphie le 21 mars dernier, enlevé en quelques jours par une fluxion de poitrine. D'une santé robuste, n'ayant pas atteint la soixantaine, il semblait devoir résister facilement à la maladie. Les médecins ne reconnurent pas la gravité de son état et ne prévinrent aucun de ses amis. Sa disparition en pleine activité est une grande perte pour les Etats-Unis et pour l'humanité tout entière. Le nom de F. W. Taylor restera célèbre dans l'histoire du progrès industriel par trois grandes découvertes :

Les aciers à coupe rapide;

Les règles pour le travail des métaux;

Les principes d'organisation scientifique des usines.

Malgré sa très grande notoriété, il n'eut pas cependant la satisfaction de voir rendre, de son vivant, pleine justice à son œuvre. Son intervention prépondérante dans la découverte des aciers à coupe rapide fut bientôt laissée dans l'ombre; l'originalité de ses principes d'organisation du travail fut trop souvent méconnue, leur exactitude même fut parfois contestée. Il ne faut pas cependant taxer pour cela d'ingratitude l'opinion publique. Par son silence systématique pendant ses vingt-cinq années de vie industrielle, et aussi par un mépris exagéré de la forme littéraire, F. W. Taylor nuisit beaucoup à la diffusion de ses idées et à leur succès.

I. — Aciers a coupe rapide

Les aciers dits *à coupe rapide* sont ainsi appelés parce qu'ils permettent de tailler les métaux avec une grande vitesse. Ils doivent cette propriété à leur résistance à la chaleur. Les aciers à outils ordinaires perdent toute leur dureté entre 250° et 350°; les aciers rapides le font seulement entre 550° et 600°. Or l'outil s'échauffe pendant le travail d'autant plus que la vitesse de coupe est plus grande. Les outils rapides coupent encore avec leur pointe portée au rouge sombre. Pratiquement, ils peuvent supporter des vitesses deux à trois fois plus élevées que celle des anciens outils; la production de chaque machine en est augmentée d'autant.

La composition recommandée pour ces aciers, comme la meilleure, par F. W. Taylor est la suivante :

Carbone	0,7
Tungstène	18
Chrome	6
Vanadium	0,3

En dehors de cela, le moins possible des autres corps habituellement présents dans l'acier : manganèse, silicium, phosphore et soufre. Pas plus de 0,05 %.

Indépendamment de la condition de composition, ces aciers doivent, pour acquérir toutes leurs qualités, être trempés à une température très élevée, voisine de 1.200°. Les aciers à outils ordinaires sont, au contraire, trempés entre 750° et 800°.

Les outils à coupe rapide furent présentés pour la première fois, lors de l'Exposition de 1900, dans une annexe installée à Vincennes. Le bruit de leurs hauts faits se répandit rapidement. Tous les jours, il y avait foule pour voir les machines américaines enlever d'énormes copeaux, bleuissants bientôt au contact de l'air par suite de l'échauffement du métal. Après quelques années, l'usage de ces aciers était devenu général dans tous les ateliers de construction, mais l'on savait peu de choses sur l'origine de leur découverte. On l'attribuait vaguement à deux ingénieurs américains des usines de Bethléem: MM. Taylor et White. Des concurrents à l'esprit inventif donnèrent satisfaction à la curiosité publique en expliquant comment cette découverte avait été provoquée par la négligence d'un ouvrier. Ayant par mégarde surchauffé outil avant de le tremper, il avait constaté, à grand étonnement, disait-on, une amélioration notable de qualité. Cette observation recueillie par les chefs de l'ouvrier aurait été le point de départ de l'emploi des nouveaux aciers.

F. W. Taylor gardait toujours le silence; il se décida à parler seulement six ans plus tard. Nommé en 1906 président de l'*American Institute of Mechanical Engineers*, il consacra son discours présidentiel à l'exposé complet de ses recherches sur le travail des métaux. Il fit alors l'historique de sa découverte des aciers à coupe rapide, réalisée après quatre années d'études et avec le concours d'une douzaine d'ingénieurs ou de contremaîtres. A l'occasion de ces recherches, il avait fait analyser une centaine d'aciers à outils du commerce, il en avait fabriqué de

nouveaux et s'était enfin astreint à varier systématiquement les conditions de leur traitement thermique, en dehors même des limites habituelles de la pratique.

Cette découverte fut donc le résultat d'études méthodiques, le hasard n'y joua absolument aucun rôle. Il fallut reléguer la légende de l'ouvrier négligent au nombre des fables mythologiques.

Mais il était trop tard. Toutes les grandes découvertes deviennent rapidement anonymes. Nous ne mentionnons plus jamais, en parlant des chemins de fer ou des télégraphes électriques, les noms de leurs inventeurs. Il en advint de même pour les aciers à coupe rapide. Aussi les révélations tardives de F. W. Taylor sur l'historique de sa découverte provoquèrent elles peu d'intérêt. Il en eût été tout autrement en 1900, au premier moment de l'enthousiasme suscité par la vue des outils coupant l'acier avec leur pointe rougie par la chaleur.

II. — Travail des métaux

La seconde découverte de F. W. Taylor, celle des règles qui président au *travail des métaux*, a été le résultat de 25 années d'études ininterrompues. Elles ont coûté un million de francs aux usines pour le compte desquelles elles furent exécutées. Pendant longtemps, la connaissance de ces règles fut tenue secrète, pour en réserver le bénéfice aux établissements qui avaient fait les frais des expériences.

F. W. Taylor exposa pour la première fois l'ensemble de ses recherches dans son discours de 1906 intitulé : « The Art of cutting Metals ». Il ne s'agit plus là, comme dans le cas des aciers à coupe rapide, de la découverte d'un objet matériel capable de frapper l'imagination des hommes, même les moins instruits. Les règles relatives au travail des métaux forment un ensemble très complexe, accessible seulement à un petit nombre d'initiés. Une découverte de cette nature échappe nécessairement à l'opinion de ce que l'on appelle le grand public, c'est-à-dire du public incompétent. Malgré l'importance des services rendus, elle ne pouvait donner grande notoriété à son auteur.

Voici en quoi consistent ces règles. Le travail des métaux sur les machines-outils a pour but d'enlever un certain poids de métal avec le minimum de dépense. Cette dépense, c'est-à-dire le prix de revient du kilogramme de copeaux enlevés, est fonction d'un certain nombre de facteurs, de variables indépendantes. F. W. Taylor les a énumérées avec un grand soin ; il en a trouvé au total une douzaine :

Vitesse de l'outil à la surface du métal ;
Epaisseur du copeau ou profondeur de coupe ;
Largeur du copeau ou avance ;
Composition chimique de l'outil ;
Traitement thermique de l'outil ;
Mode d'arrosage de l'outil ;
Angle de coupe de l'outil, dépouille avant et dépouille latérale ;
Disposition du corps de l'outil ;
Flexibilité du corps de la machine.

Il existe entre le prix de revient et ces diverses grandeurs une relation rigoureuse :

$$X = F(x, y, z...),$$

qui, une fois connue, permet de donner aux variables x, y, z, les valeurs correspondant au prix de revient minimum. F. W. Taylor est parvenu à préciser la forme de cette fonction, donnant ainsi aux constructeurs, en présence d'un travail déterminé, le moyen de choisir sans aucun tâtonnement les conditions les plus avantageuses. Mais cette fonction est très complexe ; un simple ouvrier serait incapable d'en tirer aucun parti. Ces nouvelles méthodes de travail rendent cependant des services considérables dans la grande industrie ; elles fournissent, en outre, un des meilleurs exemples de l'efficacité des méthodes scientifiques appliquées à la solution des problèmes de la pratique.

III. — Organisation scientifique du travail

La dernière et la plus importante innovation de F. W. Taylor se rapporte à l'*organisation scientifique du travail* dans les usines, que l'on appelle plus brièvement le *système Taylor*. Le nom de ce système est bien connu, car la presse quotidienne s'en est fréquemment occupée, mais sa nature exacte est généralement moins bien comprise. L'attention s'est fixée sur certains détails plus facilement accessibles, tels le mode de payement des salaires au tarif différentiel, ou encore le chronométrage. Mais ce sont là seulement les petits côtés d'une méthode de travail bien plus générale.

Le principe essentiel du système Taylor est l'application systématique de la méthode scientifique à l'étude de tous les phénomènes industriels. Son point de départ est la croyance au *déterminisme*, c'est-à-dire à l'existence de relations nécessaires entre tous les faits d'ordre matériel, intellectuel ou moral en jeu dans l'industrie. Partant de là, il commence par une énumération très complète de tous les *facteurs* dont dépend chaque phénomène, chaque opération étudiée, puis après avoir reconnu tous les facteurs en jeu, il détermine par des expériences

et des observations aussi précises que possible les *relations numériques* qui existent entre les différents faits en présence.

Mais les phénomènes mis en jeu dans l'industrie ne sont pas indéfiniment variés et l'application systématique de cette méthode de travail conduit à certaines règles d'une portée plus ou moins générale, suivant la fréquence de l'intervention du phénomène étudié.

F. Taylor fut ainsi conduit à l'établissement d'un certain nombre de règles formant le second échelon de sa méthode. Et c'est souvent à l'ensemble de ces règles particulières que l'on réduit le système Taylor, laissant de côté la méthode scientifique plus générale qui a conduit à leur découverte. Un exemple fera comprendre la genèse de ces règles particulières.

Règles particulières. — Un des facteurs essentiels, mais pas le seul bien entendu, du prix de revient d'une fabrication est la production journalière de l'ouvrier. Cette production dépend, entre autres, de deux facteurs très importants : la *volonté* de l'ouvrier de produire tout ce qu'il peut faire et sa *capacité* plus ou moins grande de production. Ces deux grandeurs dépendent elles-mêmes de divers facteurs.

Etudions chacune d'elles isolément, soit d'abord la *volonté*. L'ouvrier limite souvent volontairement sa production pour deux motifs. Il craint, en augmentant sa production, de voir son salaire réduit par son patron, qui pourra diminuer le prix de chaque unité de façon à maintenir le salaire journalier constant. D'autre part, il se rend compte que son patron ignore le plus souvent quelle quantité de travail il peut fournir normalement. On supprime ces deux motifs de flânerie en déterminant par des mesures très précises la production normale de l'ouvrier et en lui imposant une tâche fixe. Cette tâche doit être arrêtée dans des conditions telles que l'ouvrier se rende bien compte que sa puissance de production est exactement connue de son patron. D'où la création d'un service spécial chargé de l'établissement de la *tâche normale*. C'est là un des points essentiels du système Taylor. De plus, on doit donner à l'ouvrier un avantage sérieux pour le décider à fournir le travail demandé. L'attribution d'une *prime* pour l'accomplissement de la tâche normale est encore une des règles essentielles du système Taylor.

La *capacité* de production de l'ouvrier dépend de circonstances multiples, en particulier de la nature des machines mises à sa disposition. Mais on peut se servir plus ou moins habilement des mêmes machines ; le plus souvent on s'en rapporte pour cela à l'ouvrier. Mais, quand on prend la peine d'étudier les facteurs multiples de cette bonne utilisation des machines, on s'aperçoit rapidement que la détermination des conditions optima est très difficile et dépasse tout à fait les moyens de l'ouvrier. Taylor a mis vingt-cinq ans pour déterminer les meilleures conditions du travail des métaux sur le tour et il y a dépensé un million de francs. D'où la nécessité d'avoir dans les usines un bureau d'études chargé spécialement de *découvrir* les meilleures méthodes de travail. Mais il ne suffit pas que ces bonnes méthodes soient connues de la direction, il faut encore qu'elles soient connues des ouvriers, d'où la nécessité d'un personnel chargé d'*enseigner* aux ouvriers les bonnes méthodes de travail. Le bureau de préparation du travail et l'organisation dite fonctionnelle des contremaîtres répondent à ce double desideratum ; ce sont encore là deux organes essentiels du système Taylor.

Des études analogues ont été faites pour la circulation des matières dans l'usine, pour la tenue des magasins, pour l'établissement des prix de revient, etc., d'où tout un ensemble de mesures caractéristiques du système Taylor, qui sont chacune la conséquence directe de l'application des méthodes scientifiques de travail à divers cas particuliers.

IV. — Notes biographiques

Il serait intéressant de pouvoir compléter ces indications générales sur l'œuvre de F. W. Taylor par quelques détails biographiques et de rechercher quelle a été l'influence du milieu dans lequel il a vécu sur son développement intellectuel. Mais nous sommes peu documentés à cet égard. Voici cependant quelques renseignements empruntés à un article de l'un de ses fidèles collaborateurs, M. Gantt. Cet article a paru dans le *Cassiers Magazine* de décembre 1905.

M. F. W. Taylor est né en 1856 à German Town (Pa.); il entra à dix-huit ans au college d'Exeter, mais il dut bientôt renoncer à continuer ses études parce que, dit on, ses yeux devinrent malades. Il se décida alors à compléter son éducation dans une voie toute différente, et entra comme apprenti aux usines de William Sellers and Co, dans l'atelier de fabrication des modèles. Voulant faire des progrès aussi rapides que possible, et désirant obtenir quelques autres avantages, il accepta un salaire inférieur à celui des autres apprentis. Au bout de quatre années, il n'avait pas seulement appris son métier de fabricant de modèles, mais il savait conduire toutes les machines-outils de l'atelier. Il termina son apprentissage en 1878, mais les affaires allaient si mal

qu'il ne put trouver de l'ouvrage dans son métier et il entra comme manœuvre dans l'atelier de machines de la Midvale Steel Co.

Comme premier avancement, il fut nommé employé dans son atelier et bientôt après chargé du magasin des outils. C'est dans ces fonctions qu'il reconnut l'importance de faire affûter tous les outils par un même ouvrier ; il réalisa cette réforme et inventa à cette occasion l'affûteuse Taylor. Il retourna du magasin à l'atelier comme chef d'équipe, puis contremaître adjoint et contremaître. Bientôt il fut nommé maître mécanicien, avec la charge de l'entretien de tous les ateliers, puis directeur du bureau d'études, et enfin, en 1884, ingénieur en chef des usines, étant ainsi passé des fonctions de manœuvre à celles d'ingénieur en chef dans un délai de six années.

Peu après son entrée aux usines Midvale, il avait senti la nécessité de compléter son éducation théorique d'ingénieur, et à partir de 1880 il commença, en sus de son travail de dix heures par jour à l'usine, à suivre les cours du soir de l'Institut Stevens de Technologie. Il réussit à passer tous ses examens et prit ses degrés en 1883, sans l'aide d'aucun professeur particulier.

Il quitta en 1890 les aciéries Midvale pour devenir directeur général de la Manufacturing Investment Company, qui fabriquait des moulins pour la grande industrie chimique. Il se trouva alors en contact avec de grands financiers ayant pour principe que la fin justifie les moyens. Rebelle à cette façon de comprendre les affaires, il quitta la Compagnie en 1893, aussitôt après l'expiration de son contrat. Depuis cette date jusqu'en 1901, il consacra tout son temps à l'introduction dans diverses industries de son système d'organisation des ateliers.

Postérieurement à la publication de l'article de M. Gantt, c'est-à-dire dans ces dix dernières années, il s'occupa exclusivement à faire de la propagande en faveur de ses idées ; mais il le fit en dehors de toute préoccupation d'intérêt personnel, consacrant même une partie de ses revenus à la diffusion de son système. Il donnait par exemple des traitements aux jeunes ingénieurs étrangers qui venaient étudier auprès de lui les différents détails de l'organisation scientifique des ateliers.

Mais les préoccupations que lui donnait depuis plusieurs années la santé de Mme Taylor vinrent souvent contrarier ses projets. Il habitait rarement chez lui, allant chercher un climat plus favorable de la mer à la montagne, parcourant les stations balnéaires de la Floride aux côtes françaises.

Il ne se contentait pas d'appliquer ses méthodes de travail à l'industrie proprement dite ; il aimait à en faire ressortir l'utilité dans les circonstances les plus variées de l'existence. Au dire de ses concitoyens de Philadelphie, il était passé maître dans les jeux sportifs et déconcertait au golf ses partenaires par l'étude scientifique de chacun de ses mouvements. Il avait également recherché les gazons les plus convenables pour les terrains de golf et avait imaginé des machines pour enlever en plaque ces gazons, là où il les trouvait, notamment au Canada, et avait combiné des procédés d'emballage spéciaux pour leur transport. Dans un autre ordre d'idées, il passait pour avoir des connaissances très étendues en arboriculture fruitière ; au cours d'un récent voyage en France, il avait eu l'occasion de manifester l'intérêt tout particulier qu'il portait à la pisciculture des côtes marines.

F. W. Taylor n'était pas seulement un grand esprit, c'était encore un cœur très noble, fidèle à ses amis, dévoué au bien public et très sympathique aux aspirations de la classe ouvrière. Cette élévation des sentiments a été, sans qu'il s'en soit peut-être rendu compte, un des éléments importants de ses succès industriels et en particulier de son grand ascendant sur les ouvriers.

En le conduisant à sa dernière demeure, M. Cooke, directeur des Travaux publics de la ville de Philadelphie, s'exprimait ainsi :

« Le succès du grand mouvement d'idées provoqué par F. Taylor est dû en grande partie à l'enthousiasme qu'il avait su inspirer à ses collaborateurs. Il avait une puissance extraordinaire de bonté, une puissance qui s'étendait à travers les mers, qui couvrait la durée entière d'une existence, qui allait toucher le plus humble travailleur dans le rang.

« Il nous enseignait le culte de l'idéal ; il avait cessé de travailler pour s'enrichir et consacrait tous ses efforts aux seuls progrès capables de rendre les hommes plus heureux. Sa maxime favorite était : Faites à votre prochain ce que vous voudriez qu'il vous fût fait. Aussi le Père Sertillanges a-t-il pu dire avec raison, dans un de ses sermons de Paris : L'amour de Dieu est le système Taylor de notre vie intérieure.

« A tous ses disciples répartis aujourd'hui sur la surface du globe, depuis les mines du Mozambique et du Japon jusqu'aux champs de bataille de l'Europe, nous adressons un suprême appel ; nous les convions à se liguer pour achever l'œuvre de solidarité inaugurée par F. Taylor, pour travailler sans relâche à l'amélioration des

rapports sociaux dans les affaires et l'industrie, entreprise à laquelle F. Taylor a donné sa vie. »

Pour achever de peindre le caractère de F. Taylor, je crois pouvoir reproduire ici la traduction de la dernière lettre que j'ai reçue de lui, me disant tous ses espoirs pour le succès des armes françaises :

Samoset House, Rockland, Maine
16 août 1914.

Cher monsieur Le Chatelier,

Cette guerre dépasse en horreur toute imagination. J'en suis complètement abattu et énervé ; je ne puis penser à autre chose. Le souvenir de tous mes amis de France me remplit d'indignation contre la conduite des Allemands. Personnellement je n'ai pas l'ombre d'un doute que tout avait été combiné par l'empereur Guillaume en vue de l'agression allemande.

Dans notre pays, le sentiment universel est en faveur de la France, de l'Angleterre et de la Russie. Je n'ai pas encore rencontré un seul de mes compatriotes qui désire le succès des Allemands. Nous espérons tous que la fin de l'absolutisme approche et que l'empereur Guillaume sera liquidé.

Nous avons été étonnemment encouragés par le succès de ces braves petits Belges. La défense de Liége a une profonde signification. Elle montre qu'homme à homme le soldat belge vaut le soldat allemand.

Je ne puis admettre que les Allemands réussissent cette fois à entrer en France. J'espère qu'ils vont être repoussés et qu'avant longtemps les Alliés auront envahi l'Allemagne.

Quel coup terrible cependant pour le monde entier. Nous aurons tous à souffrir de cette incroyable agression des Allemands. Puisse la solution finale amener la disparition du militarisme en Europe.

Avec mes meilleurs souhaits pour le succès de vos armées et avec l'espoir que ni vous, ni les membres de votre famille n'auront personnellement à souffrir.

Croyez-moi votre très dévoué

Fréd. W. TAYLOR.

V. — FREDERIK W. TAYLOR COOPERATORS

Depuis la mort de F. Taylor, un Comité international s'est constitué pour continuer la lutte en faveur des idées du grand ingénieur américain. Les membres actifs de ce Comité sont :

M. Carl G. Barth, ingénieur conseil, l'un des plus fidèles collaborateurs de Taylor ;

M. Morris L. Cooke, directeur des Travaux publics de la ville de Philadelphie, proposé pour ces fonctions au maire de Philadelphie par Taylor ;

M. James Mapes Dodge, président de la Link Belt C° à Philadelphie, dont les usines ont été entièrement réorganisées sur les plans de Taylor ;

M. H. K. Hathaway, directeur de la Tabor Manufacturing C° à Philadelphie, l'une des premières usines qui aient adopté les méthodes de F. Taylor et celle où sont tout d'abord envoyés les ingénieurs qui viennent étudier aux Etats-Unis le système Taylor.

Le secrétaire du comité est Mlle France Mitchell, Box 19, Highland Station, Chestnut Hill, Philadelphie, U. S.

H. Le Chatelier,
Membre de l'Institut,
Professeur à la Sorbonne.

COMMENT S'EST FORMÉE ET COMMENT A ÉVOLUÉ

LA NOTION DE SÉCRÉTION INTERNE

La notion de sécrétion interne a été introduite dans la Physiologie d'abord par Claude Bernard, puis par Brown-Séquard.

I. — La notion des glandes sans conduit excréteur

Ce n'est pas qu'avant Claude Bernard les glandes sans conduit excréteur n'aient été connues; on les distinguait au contraire parfaitement des autres glandes. « Les glandes sans conduit excréteur, dit par exemple J. Müller dans son célèbre *Manuel de Physiologie* en 1845, ont cela de commun qu'elles impriment un changement matériel quelconque au sang qui les parcourt, ou que la lymphe qui en provient joue un rôle particulier dans la chylification ou l'hématose. En effet, le sang veineux et la lymphe sont les seules substances que ces organes restituent à l'économie générale [1]. » Mais remarquons que J. Müller affirme sans preuves; son affirmation est simplement le résultat d'un raisonnement qui n'est fondé que sur une observation morphologique et qu'on mettrait aisément sous une forme syllogistique : il y a des glandes sans conduit excréteur; or, le sang veineux est le seul principe qui sort de ces organes; donc le sang veineux doit contenir quelque chose qui en provient. Nulle preuve à l'appui de cette assertion, aucun fait expérimental. Et si on lit ensuite l'exposé que présente J. Müller de ce que l'on savait à son époque sur les glandes closes, on est encore moins frappé de la pénurie, pour ne pas dire du manque absolu de toute connaissance positive à ce sujet, que de la disproportion existant entre l'importance de la thèse posée, définition et rôle de ces glandes, et l'insuffisance des documents apportés pour justifier cette définition; il n'y a là que des données anatomiques, des hypothèses et des aveux d'ignorance. Mieux eût valu s'en tenir purement et simplement à ces derniers.

Les autres physiologistes de cette époque n'en disent pas davantage. Qu'auraient-ils ajouté au surplus? Ils restaient, comme J. Müller, impuissants à fournir aucun fait en faveur de l'idée émise. Et ainsi leur conception des glandes closes était toute théorique.

C'est à coup sûr pour cela qu'elle fut stérile. La notion physiologique de sécrétion interne est nécessairement liée à la notion anatomique de glande vasculaire, mais pour faire sortir celle-là de celle-ci il fallait au moins un exemple certain d'une telle sécrétion.

II. — La notion de sécrétion interne. Conception de Claude Bernard

Claude Bernard fournit cet exemple et en même temps et du coup s'éleva à la théorie générale des sécrétions internes. J'ai donné en 1893 et en 1897 [1] tous les textes, souvent reproduits depuis, qui établissent que Claude Bernard, en démontrant la formation de glycose dans le foie et le passage de ce sucre dans le sang des veines sus-hépatiques (1855), s'est tout de suite rendu compte de la signification de cette découverte par rapport à la théorie, qu'il exprima dès lors à plusieurs reprises, des sécrétions internes.

Chose curieuse cependant, durant plus de 25 ans, cette théorie, bien loin de retenir l'attention des biologistes, ne l'attira même pas [2]. C'est

1. J. Müller : *Manuel de Physiologie*, trad. française par A. J. L. Jourdan, t. I, p. 479, Paris, J.-B. Baillière, 1845. — Il n'y a pas grande différence entre cette assertion purement théorique et celle que Burdach avait émise antérieurement. « Les glandes vasculaires ou sanguines, écrivait celui-ci, agglomérations de ramifications vasculaires, qui sont réunies par de la masse organique primordiale et qui n'ont ni conduits excréteurs ni connexions immédiates avec le système des membranes muqueuses, ne peuvent servir qu'à la métamorphose du sang, sans réaction avec le monde extérieur. Mais la métamorphose peut être le résultat soit du séjour du sang dans ces organes, séjour qu'on ne saurait concevoir sans un changement quelconque dans la proportion des éléments constitutifs, soit de leur propre nutrition ou d'un dépôt de substances dans leurs tissus, soit de la formation d'un liquide qui s'amasse dans ce tissu et qui est ensuite résorbé. » (C. F. Burdach : *Traité de Physiologie considérée comme science d'observation*, trad. de l'allemand sur la 2e édition par A. J. L. Jourdan, Paris, J.-B. Baillière, 9 vol., 1837-1841; t. IV, p. 83.) On voit par ces citations qu'il serait au moins hardi de considérer Burdach et J. Müller comme des précurseurs de la théorie des sécrétions internes. La même réflexion s'applique à Henle, à Kölliker et à plus forte raison à Bordeu (voy. E. Gley : *Relations entre les organes à sécrétions internes et les troubles de ces sécrétions* [XVII th Intern. Congress of Medicine, London, 1913, Section 11, Physiology, Part I, p. 2-5]).

1. E. Gley : Conception et classification physiologiques des glandes (*Revue scientifique*, 1893, LII, 8-17); — Exposé des données expérimentales sur les corrélations fonctionnelles chez les animaux (*L'année biologique*, 1897, I, 313-330). Voy. aussi mon Rapport au Congrès de Londres, cité ci-dessus, p. 6-8.

2. « C'est une chose curieuse à remarquer, à ce propos, que l'inégalité de fortune des idées scientifiques. Les unes, encore qu'établies sur des données incomplètement démontrées et sur des déductions hâtives, ont quelquefois une ascension rapide et brillante; d'autres, encore que fermement assises sur des notions positives, mettent souvent un long temps à attirer et fixer l'attention. La doctrine de Claude Bernard dont il s'agit ici fut de ces dernières. » (E. Gley : Rapport au Congrès de Londres, p. 8.)

seulement la fonction glycogénique du foie, avec toutes ses conséquences, qui s'imposa aux chercheurs non moins qu'aux médecins, mais la notion de sécrétion interne que Bernard en avait si clairement et si nettement déduite resta méconnue[1]. Ce qui est d'autant plus surprenant qu'en 1856 Brown-Séquard avait décrit les accidents mortels consécutifs à l'extirpation des capsules surrénales et supposé que ces glandes livrent au sang qui revient de leur parenchyme des produits utiles à l'organisme et que Vulpian, la même année, avait prouvé que le sang veineux surrénal contient la matière colorante que l'on peut caractériser dans le tissu même de la glande; que M. Schiff dès 1862 s'était attaché à montrer qu'il existe un rapport étroit entre le fonctionnement de la rate et le pouvoir protéolytique du pancréas; que E. de Cyon en 1870 et W. von Schröder en 1882 avaient établi que l'urée trouvée dans le sang des veines sus-hépatiques résulte d'un travail du foie; que M. Schiff en 1859 et surtout en 1884 avait découvert les principaux effets de l'ablation du corps thyroïde et que les chirurgiens suisses J. L. Reverdin et A. Reverdin (1882, 1883) et Kocher (1883) avaient fait connaître le myxœdème post-opératoire que l'on put tout de suite rapprocher du myxœdème spontané déjà étudié par les médecins anglais W. Gull (1872) et W. Ord (1878).

Comment se fait-il qu'un esprit comme celui de Claude Bernard, aussi pénétrant et aussi profond que sagace, et puissamment généralisateur, n'ait pas saisi la relation de tous ces faits (je ne parle, bien entendu, que de ceux antérieurs à 1878, année de sa mort) avec la théorie des sécrétions internes?

A tort ou à raison — avec raison, je crois — j'ai pensé[2] qu'il convient d'attribuer ce défaut de compréhension à l'idée même que Claude Bernard semble bien s'être faite des sécrétions internes. Pour lui, en effet, les glandes sans sécrétion extérieure déversent dans le sang les principes nécessaires à la constitution de ce liquide, servent à maintenir la composition du sang. Et c'est pourquoi, sans doute, il n'a pas vu que l'urée, substance formée dans le foie, est un produit de sécrétion interne; il n'aura été frappé que par la destination de ce corps, qui n'est pas de rester dans le sang, mais d'en sortir, éliminé par les reins[1]. Et, de même qu'il n'a pas saisi tout le sens des expériences de E. de Cyon sur la formation de l'urée, il n'a pas davantage retenu celles de Brown-Séquard sur les effets de la surrénalectomie, ni celles de Schiff sur les effets de la thyroïdectomie, pas plus que l'observation si curieuse de Vulpian, rappelée plus haut. Est-ce pour la même raison générale, parce qu'il voyait là des faits sans rapports avec la composition du sang, avec la composition du *milieu intérieur*, pour employer la saisissante expression qu'il avait créée? Cette interprétation n'est-elle pas justifiée par les textes que j'ai antérieurement cités? A ceux-ci on pourrait encore ajouter cette phrase si caractéristique : « Les sécrétions internes sont généralement toutes des sécrétions nutritives qui préparent des *principes immédiats* destinés aux phénomènes de nutrition des éléments histologiques (glycogène, albumine, fibrine, etc.)[2]. »

Se demandera-t-on aussi comment il se peut que Schiff, en dépit de son talent d'observation et de sa vive intelligence, toujours en éveil, n'ait pas aperçu les rapports évidents entre les faits qu'il mettait lui-même en lumière et la théorie de Claude Bernard? N'est-ce pas là une preuve que, comme il a été déjà dit plus haut, cette théorie, du vivant de son auteur, fut peu remarquée? Cela est si vrai que Vulpian, le seul physiologiste de l'époque qui fournit la preuve qu'une substance élaborée dans une glande passe dans le sang veineux de cet organe et ainsi détermine une des conditions nécessaires pour qu'une glande puisse être qualifiée d'endocrine, s'en tient à cette constatation et ne poursuit pas plus avant. Imagine-t-on cependant cet habile expérimentateur, si bien informé et chez qui l'esprit critique ne le cédait pas à la science, s'attachant à cette question qu'il a entrevue et recherchant systématiquement les propriétés du sang veineux surrénal? Assurément l'insuffisance de la chimie organique de son temps l'eût vite arrêté, mais la voie de l'investigation physiologique lui était ouverte. Et c'est dans cette voie que nous nous engageons seulement aujourd'hui. Il faut donc supposer que l'idée n'est point venue à Vulpian qu'il y avait là une terre nouvelle à explorer. Et c'est sans doute que, connaissant la théorie tout récemment émise par Claude

1. Seuls, je crois, dans cette période, Charles Robin, dans ses *Leçons sur les humeurs normales et morbides* (Paris, 1867, p. 239; 2e édit., 1874, p. 316) et Paul Bert, dans un livre élémentaire intitulé *Leçons de Zoologie* (Paris, 1881, p. 248 et 254), prononcèrent les mots de « sécrétions internes » (voy. E. Gley : Rapport au Congrès de Londres, 1913, p. 9, et *Les sécrétions internes, principes physiologiques, applications à la pathologie*, Paris, J.-B. Baillière, 1914, p. 17-19).

2. Voy. mon Rapport au Congrès de Londres, déjà cité, p. 7, 9, 11.

1. C'est ce que nous pouvons appeler aujourd'hui une *sécrétion intéro-externe* (voy. mon Rapport au Congrès de Londres, p. 20).

2. Cl. Bernard : *Rapport sur les progrès et la marche de la Physiologie générale en France*, Paris, 1867, p. 74.

Bernard, il pensait, lui aussi, que les glandes endocrines ne servent qu'à maintenir la composition du sang; il n'y avait donc, au sujet de leur rôle, qu'un problème chimique à résoudre, il n'y avait pas d'actions physiologiques à rechercher de la part du sang issu de ces organes; peut-être aussi manquait-il quelque peu de cette hardiesse d'esprit et de cette audace expérimentale que possédait au contraire à un si haut degré son contemporain et ami Brown-Séquard.

III. — L'évolution de la notion de sécrétion interne. Conception de Brown-Séquard

De 1889 à 1891 quelque chose d'autre, quelque chose de nouveau fut apporté par Brown-Séquard à la notion de sécrétion interne.

La question, à la vérité, était mûre pour une étude fructueuse. La donnée morphologique des glandes closes était alors universellement acceptée et les recherches embryologiques et histologiques allaient se multiplier qui non seulement devaient singulièrement étendre nos connaissances sur la texture de ces organes, mais aussi qui devaient révéler la constitution de leurs éléments et en particulier leurs qualités de cellules sécrétantes. La notion du milieu intérieur, d'autre part, était devenue classique et l'on savait que la composition de ce milieu se maintient constante grâce à des dispositions fonctionnelles diverses, parmi lesquelles on tenait à bon droit l'excrétion rénale pour une des plus importantes, mais où il paraissait bien aussi que la glycémie hépatique et la fonction uréopoiétique du foie jouent un grand rôle. Que toutes les glandes sans conduit excréteur déversent dans le sang quelque substance utile ou nécessaire pour que la constance du milieu humoral soit assurée, c'est une généralisation que Claude Bernard déjà avait exprimée, que Brown-Séquard a reprise, sans y rien ajouter du reste, mais qui enfin frappait les esprits et était maintenant jugée adéquate à la réalité. Restait, il est vrai, à trouver presque tous les principes qui sont ainsi livrés au sang par ces glandes closes.

Le mérite de Brown-Séquard est ailleurs. Il est tout entier en ceci, qu'il a pensé que les glandes endocrines — d'autres organes aussi, croyait-il un peu témérairement — excrètent dans le sang des principes qui ont la propriété d'agir d'une façon élective sur des organes voisins ou éloignés[1]; et par là s'établissent des relations entre « les diverses cellules de l'économie... ainsi rendues solidaires les unes des autres et par un mécanisme autre que par des actions du système nerveux[1] ». Pour mesurer toute la distance qui sépare cette dernière idée de la doctrine de Claude Bernard sur les sécrétions internes, il suffit de rappeler que celui-ci écrivait en 1867[2] que « dans les organismes élevés c'est seulement par l'intermédiaire du système nerveux qu'on agit sur la plupart des phénomènes vitaux ». Même alors il n'imaginait donc pas qu'il pût exister un autre agent de corrélation fonctionnelle.

Par contre, Brown-Séquard fit surgir deux notions nouvelles, d'une importance capitale, non pas démontrées d'emblée par leur auteur — j'ai noté moi-même dès 1897 que les faits apportés par Brown-Séquard à l'appui de ses idées étaient insuffisants[3] — mais qui appelaient irrésistiblement la démonstration : la notion des excitants fonctionnels spécifiques, de ces excitants auxquels Starling devait, en 1905, appliquer le nom d'*hormones*, et celle des corrélations fonctionnelles humorales, dont la signification physiologique n'est pas moins

1. « Ces produits solubles spéciaux pénètrent dans le sang et viennent influencer, par l'intermédiaire de ce liquide, les autres cellules des éléments anatomiques de l'organisme. » (Brown-Séquard et d'Arsonval : Recherches sur les extraits liquides retirés des glandes et d'autres parties de l'organisme et sur leur emploi, en injections sous-cutanées, comme méthode thérapeutique. *Arch. de Physiol.*, 1891, 5e série, III, 491-506; voy. p. 496).

1. Brown-Séquard et d'Arsonval : *Loc. cit.*, p. 496.

2. *Rapport sur les progrès et la marche de la Physiologie générale en France*, p. 204.

3. *Loc. cit.* (*L'année biologique...*) Peut-être cependant Swale Vincent a-t-il été un peu trop dur en écrivant ces lignes (*Internal Secretion and the ductless glands*, London, Edw. Arnold, 1912) : « Much interest was aroused by the work of Brown-Séquard in 1889 on testicular extracts-work which demonstrated great lack of critical power in its author » (p. 6). « Brown-Séquard found that subcutaneous injections of extracts of testis exercised considerable influence upon the general health, as well as the muscular power and mental activity... It is probable that a good deal of Brown-Séquard's personal benefi under this treatment is to be attributed to suggestion » (*Ibid.*, p. 67). Sw. Vincent cite pourtant lui-même les expériences ergographiques de Zoth et celles de Pregl (1896) dans lesquelles les auteurs se sont mis à l'abri des causes d'erreurs attribuables à la suggestion. Quoi qu'il en soit d'ailleurs, et en dépit de l'évidente faiblesse physiologique du travail de Brown-Séquard, il n'en reste pas moins que ce travail, peut-etre à cause même de l'intérêt spécial des faits qui y étaient annoncés et de la valeur thérapeutique supposée de ces faits proclamée avec tant d'enthousiasme, a frappé tout le monde. A partir de ce moment, l'idée des sécrétions internes, ceci est indiscutable, s'est emparée de tous les esprits, en même temps que l'orientation de la question se trouvait changée. C'est ce que j'ai toujours soutenu (voy. mon Rapport au Congrès de Londres ainsi que *Essais de philosophie et d'histoire de la Biologie*, Paris, Masson et Cie, 1900, p. 254-256, et *Traité élémentaire de Physiologie*, Paris, 1909, p. 1143; 3e édition, 1913, p. 1182), c'est ce que A. Biedl, dans son remarquable ouvrage *Innere Sekretion* (Berlin et Vienne, 1910; 2e édition, 1913), reconnaît aussi. « Par l'établissement de la doctrine des sécrétions internes, dit-il (2e édit., t. I, p. 6), Brown-Séquard a ouvert à la Physiologie un nouveau et fructueux champ de recherches, il a frayé la voie à la compréhension de beaucoup de troubles morbides et il a montré le chemin d'une thérapeutique rationnelle et dans beaucoup de cas sûrement active. »

haute. Toutes deux ont eu la fortune que promettaient leur originalité et leur fécondité. Dès lors, à la conception de Claude Bernard, la conception des modifications chimiques du sang par les produits excrétés des glandes closes, s'en ajoute une autre, qui la dépasse, comme le point de vue dynamique dépasse le point de vue statique, celle du pouvoir spécifique, électif, de substances d'origine glandulaire sur différents organes ou tissus.

IV. — Les bases expérimentales de la conception actuelle des sécrétions internes

Théoriquement, pour que la conception nouvelle des sécrétions internes, qui s'ajoutait à la notion instaurée par Claude Bernard, devînt aussi certaine que celle-ci, il fallait que l'on décelât dans le sang veineux de telle ou telle glande un principe actif, excitant d'un fonctionnement organique. Pas n'était besoin de nombreux exemples; un seul, solidement établi, pouvait suffire, de même qu'avait suffi, en somme, à la fondation même de la doctrine en général la découverte de la glycose dans le sang des veines sus-hépatiques. Les idées nouvelles, cependant, se répandirent avant que l'on eût trouvé un sang veineux doué de quelque propriété physiologique; la démonstration de la fonction anticoagulante du foie et de l'antithrombine hépatique date en effet seulement de 1895 (Gley et Pachon) et 1896 (Delezenne); et celle, plus caractéristique encore, de l'action cardio-vasculaire du sang veineux surrénal ne s'est produite qu'à partir de 1895 (N. Cybulski, 1895; J. P. Langlois, 1897; A. Biedl, 1898; G. P. Dreyer, 1899); et enfin la présence de la sécrétine dans le sang veineux jéjunal n'a été constatée qu'en 1902 par Wertheimer[1] et en 1903 par Fleig et dans le sang artériel général la même année par Enriquez et Hallion; quant à l'hormone pancréatique, ce n'est que dans ces dernières années qu'elle a pu être décelée dans le sang qui revient du pancréas par les expériences de Hédon (1911 et 1913) montrant que ce sang a le pouvoir de diminuer la glycosurie consécutive à l'extirpation du pancréas. Quelle que soit l'importance de cette série de découvertes tant au point de vue physiologique qu'au point de vue de leurs conséquences pathologiques, il faut reconnaître que le bilan de nos connaissances sur le rôle des divers sangs veineux glandulaires est assez modeste. « Alors que la doctrine des sécrétions internes s'élargissait de plus en plus, la base véritable sur laquelle elle repose restait étroite, puisque les substances dont la présence a été démontrée physiologiquement de façon indiscutable dans le sang veineux ne sont pas au nombre de plus de quatre : la substance pancréatique qui sert à la régulation de la glycémie normale, l'antithrombine hépatique, la sécrétine, l'adrénaline[1]. »

En fait, donc, ce n'est pas par la voie rationnelle, la sûre voie d'une expérimentation logique, que se fit l'extension de la théorie des sécrétions internes. Cette extension est due à l'emploi d'une méthode très simple, celle même que Brown-Séquard avait appliquée dans ses recherches sur l'action thérapeutique de l'extrait testiculaire, et que l'on peut appeler la *méthode des extraits d'organes*. Et les raisons de fait pour lesquelles les choses se passèrent ainsi, en vertu desquelles une méthode défectueuse servit à l'établissement d'une doctrine féconde, sont faciles à mettre en évidence.

Ce n'est pas, je l'ai rappelé plus haut, l'étude incomplète de Brown-Séquard sur les propriétés de l'extrait testiculaire qui donna à l'idée qu'il émettait sur le rôle des produits de sécrétion interne sa base expérimentale solide et d'où elle prit son magnifique développement. L'origine de ce développement se trouve dans les recherches faites à cette époque sur les effets de l'extrait thyroïdien et, d'autre part, sur l'action comparée de l'extrait surrénal et du sang veineux surrénal.

C'est en 1890 et 1891 que G. Vassale, en Italie, et E. Gley, en France, montrèrent que les animaux (chiens et lapins) éthyroïdés peuvent survivre quelque temps à l'opération qu'ils ont subie quand on leur injecte des quantités suffisantes d'extrait de glande thyroïde. L'application de cette méthode au traitement du myxœdème suivit tout de suite; G. R. Murray publiait le 10 octobre 1891 le premier cas de guérison du myxœdème par la médication thyroïdienne. On sait l'essor que prit à partir de ce moment cette médication, qui non seulement constitua désormais le traitement spécifique d'une maladie considérée jusqu'alors comme incurable, mais aussi qui fut utilisée contre de nombreux troubles morbides. Ainsi la notion de sécrétion interne pénétrait dès ses débuts et par un coup d'éclat dans le domaine de la thérapeutique. Ce brillant succès était dû à l'application immédiate des

1. Il faut remarquer cependant que les expériences de Wertheimer n'ont pas été faites avec l'excitant normal de la muqueuse duodéno-jéjunale, l'acide chlorhydrique, mais avec l'essence de moutarde et avec l'éther qui libèrent aussi la sécrétine de cette muqueuse.

1. E. Gley : *Les sécrétions internes, principes physiologiques, applications à la pathologie*. J.-B. Baillière, 1914, p. 42.

données de la Physiologie expérimentale à la Pathologie, ces données ayant été de leur côté directement renforcées par les enseignements de la Chirurgie humaine. Ici donc se révélaient une fois de plus les avantages d'une union étroite entre la Clinique et la Physiologie.

La valeur de l'action thérapeutique de l'extrait thyroïdien ne doit pas faire oublier la haute signification biologique de tous les faits connexes. Celle-ci résulte d'abord de la valeur même de l'extrait glandulaire comme substitut de la glande expérimentalement enlevée ou détruite par la maladie ; elle résulte ensuite de toutes les études entreprises en vue d'élucider le mécanisme suivant lequel agit cet extrait d'organe; c'est ainsi qu'on découvrit et détermina son pouvoir essentiel, qui est d'augmenter les échanges respiratoires et azotés, que l'on trouva, inversement, diminués chez les animaux éthyroïdés et chez les myxœdémateux[1]; et qu'on démontra son influence sur le développement du squelette et du système nerveux central (rôle morphogène de la glande thyroïde); malheureusement la curieuse et si intéressante découverte (E. Baumann, 1895) de petites quantités d'iode dans la thyroïde ne suffit pas à expliquer, comme on l'avait espéré, l'influence de cet organe ou de ces extraits sur le métabolisme, pas plus que son mécanisme fonctionnel en général. « The significance of iodine is problematic; though the beneficial effects of thyroid substance administered as a drug seems to depend very largely upon its iodine content[2]. »

Quoi qu'il en soit de ce point spécial, toutes ces recherches avaient montré que l'administration de l'extrait d'une glande peut suppléer momentanément à la fonction de cet organe. C'était le triomphe des idées de Brown-Séquard[3]. Et c'était le premier exemple d'un ensemble de faits concordants d'ordre physiologique, pathologique et thérapeutique permettant d'attribuer à une glande le rôle de glande à sécrétion interne, quand bien même une telle sécrétion ne se trouve pas en réalité directement démontrée. A quelles conditions cette conclusion est-elle possible et est-elle légitime ? « Il faut que l'extirpation de l'organe donne lieu à un complexus de troubles fonctionnels, à un syndrome (que peut réaliser aussi la maladie chez l'homme), dont l'atténuation ou la disparition s'obtient par l'administration régulière d'extrait de l'organe ou par la greffe, quand celle-ci est possible. Le succès de cette thérapeutique *substitutive* est la contre-épreuve des expériences de destruction des organes[1]. » Et ainsi cette concordance de preuves peut tenir lieu de la preuve directe d'une sécrétion interne, c'est-à-dire de la détermination chimique et physiologique d'un produit spécifique dans le sang veineux de la glande considérée. La méthode des extraits d'organes, préconisée par Brown-Séquard, reçut par là et une confirmation apparente et une puissante impulsion.

C'est aussi ce qui se passa lors de la brillante découverte par G. Oliver et E. A. Schäfer (1894) de l'action cardio-vasculaire de l'extrait surrénal, dont l'étude fut ensuite si activement poursuivie dans le laboratoire de Schäfer; la découverte d'ailleurs fut tôt confirmée de divers côtés, par Gottlieb, par Velich, etc., et surtout par les recherches de J. P. Langlois (1897) sur les effets comparés de l'extrait et du sang efférent de la glande. Il y eut dans ce cas démonstration de propriétés physiologiques parfaitement déterminées d'un extrait d'organe, manifestées par de très petites quantités de cet extrait. De ce dernier phénomène on pouvait inférer la réalité d'une sécrétion interne de l'organe. Mais celle-ci devint tout à fait certaine quand, un an après la découverte d'Oliver et Schäfer, il fut constaté que le sang veineux surrénal possède les mêmes actions que l'extrait de la portion médullaire de la glande (voy. plus haut, p. 371), et enfin quand le principe actif, l'adrénaline, isolé du tissu surrénal et étudié par Takamine (1901) et simultanément par Aldrich (1901), eut été caractérisé aussi dans le sang veineux capsulaire. Consciemment ou non, volontairement ou non, on généralisa[2], ce qui est le propre de l'homme, même de l'homme de science, et l'étude physiologique des extraits d'organes parut susceptible de

1. Il est clair cependant qu'il n'y a pas là une explication suffisante du complexus de symptômes qui constitue le myxœdème et que ces faits n'éclairent nullement la pathogénie de cet état. La réduction des échanges respiratoires n'est qu'un symptôme ; elle peut être une conséquence de la maladie, elle n'en saurait être regardée comme la cause. « D'autres causes que la perte de la fonction thyroïdienne diminuent les mutations de matières et ne donnent pas lieu à ce syndrome et plusieurs moyens augmentent les échanges nutritifs qui ne le font pas disparaître. » (E. Gley : *Physiologie pathologique du myxœdème*. Rapport présenté au 12e Congrès intern. de Méd., Moscou, 1877; voy. aussi *Revue générale des Sciences*, 15 janvier 1898, t. IX, p. 13-22).

2. Swale Vincent : *loc. cit.*, p. 352.

3. « The work of Brown-Séquard, in 1889, upon testicular extracts was, perhaps, of doubtful value in itself, but it served to stimulate research in various directions, and led directly or indirectly to very valuable results » (Swale Vincent : *loc. cit.*, p. 23).

1. E. Gley : Rapport au Congrès de Londres, 1913, p. 26.

2. « Intravenous injection does not appear to have been much used in the study of internal secretions until the publication by Oliver and Schäfer of the extraordinary effects upon the heart and circulation produced by the injection of adrenal extracts... » — « The remarkable discovery of Oliver and Schäfer stimulated numerous observations upon the special physiological effects of extracts made from different organs and tissues » (Sw. Vincent : *loc. cit.*, p. 24-25).

révéler les propriétés spécifiques des sécrétions internes.

Telles sont, ce me semble, les deux grandes séries de faits qui ont dirigé physiologistes et médecins vers la recherche systématique et trop exclusive de l'action des extraits d'organes. Et ceci fut la conséquence d'une erreur de méthode qui ne laisse pas d'être assez fréquente dans les sciences expérimentales. On ne vit plus que l'un des termes du problème, on laissa les autres de côté. L'action d'un extrait d'organe peut bien être un signe de sécrétion interne, mais ce signe ne constitue une preuve qu'à la condition qu'il soit connexe à d'autres faits. Ou bien l'extirpation d'un organe, reconnu histologiquement comme étant de nature glandulaire, donne lieu à des symptômes qui dépendent de la privation d'un principe actif, spécifique, et la disparition de ces symptômes est produite par la disparition du dit principe, sous quelque forme que ce soit (démonstration faite pour la glande thyroïde; voy. plus haut); ou bien la découverte est directe d'un principe actif dans le sang veineux d'une glande, principe caractérisé aussi dans le tissu même de cette glande (démonstration faite pour les glandes surrénales). Hors de ces deux voies, point de salut; je veux dire que sortir de ces deux voies, c'est s'écarter du véritable champ de recherches par lesquelles on est assuré de déterminer positivement une fonction de sécrétion interne. Toutes sortes d'abus s'ensuivent, des théories aventurées, des applications hasardeuses.

C'est que la méthode des extraits d'organes est viciée par des causes d'erreur intrinsèques. Celles-ci ont été signalées de bonne heure par plusieurs physiologistes (E. Gley, 1899; Lewandowsky, 1899; M. Lambert, 1907; Aldo Patta, 1907; Sw. Vincent, 1910). J'ai insisté sur ce sujet dans un exposé critique général de cette méthode dans ses rapports avec la question des sécrétions internes[1] : rien ne permet de conclure de l'action toxique d'un extrait d'organe à une sécrétion interne de cet organe, car rien ne prouve *a priori* que les substances présentes dans cet extrait soient normalement et régulièrement excrétées dans le sang veineux de la glande qui a fourni l'extrait. D'autre part, trois ordres de faits expérimentaux déposent contre la signification si hardiment attribuée aux effets des extraits d'organes : — *a*) la multiplicité des extraits doués d'une même action physiologique, ce qui tend à prouver qu'il ne s'agit pas là d'un phénomène spécifique, mais d'une propriété pharmacodynamique plus ou moins banale; — *b*) le phénomène de l'immunisation très rapide ou *tachyphylaxie*[1] contre les actions toxiques ou physiologiques de nombreux extraits, tandis que l'effet d'une véritable sécrétion interne se répète quasi indéfiniment; *c*) la nécessité d'employer souvent, pour obtenir une action physiologique caractérisée, des quantités énormes d'extrait de certains organes, puisqu'elles représentent en poids la masse totale d'un et même de plusieurs de ces organes. Que l'on reconnaisse donc que « des résultats que donne l'étude pharmacodynamique des extraits d'organes on n'a nullement le droit de conclure au rôle physiologique des organes. Comment des effets obtenus par violence expérimentale pourraient-ils conférer ce droit[2] » ?

De la plupart des nombreuses recherches faites avec les extraits d'organes, il n'y a qu'une chose à retenir, c'est que, parmi ces extraits, il en est qui, en raison de leurs propriétés physiologiques, peuvent constituer d'excellents agents thérapeutiques. Plusieurs déjà sont entrés dans la matière médicale, quelques-uns sans doute y resteront. Quant à l'étude même des sécrétions internes, elle se poursuivra suivant des voies plus physiologiques.

V. — La direction probable des recherches futures sur les sécrétions internes

C'est que la force de la logique est invincible. Il est grand temps de réagir contre l'emploi trop exclusif qui a été fait de la méthode des extraits d'organes[3] et de s'en tenir aux vraies méthodes physiologiques, c'est-à-dire à la destination chimique et physiologique d'un produit actif spécifique dans le sang veineux d'une glande comme dans le tissu de cette glande et quelquefois aussi dans le sang artériel général, et, d'autre part, à la recherche des conditions qui président à cette sécrétion.

Dans la classification que j'ai dressée des glandes endocrines et de leurs produits[4], les deux

1. Rapport au Congrès de Londres, p. 26-30. Voir aussi mon livre déjà cité, *Les Sécrétions internes*, Paris, 1914, p. 42-54.

1. Le mot a été créé par Champy et Gley en 1911 (*Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, LXXI, p. 157, 352, 430).

2. E. Gley : *Les sécrétions internes*, p. 54.

3. Cette réaction est déjà commencée. Voici ce qu'écrivent, au sujet des extraits d'hypophyse, J. Camus et G. Roussy (*La Presse médicale*, 8 juillet 1914, p. 517-521) : « Ses extraits font contracter l'utérus, c'est un point acquis, mais si l'extrait d'hypophyse de bœuf ou de taureau possède cette propriété, on est plutôt gené si on essaye de tirer de ce fait une conclusion quelconque touchant le rôle normal de cette glande chez le bœuf ou le taureau! L'argument thérapeutique nous apparaît ainsi quelque peu simpliste » (p. 518).

4. E. Gley : Classification des glandes à sécrétion interne et des produits qu'elles sécrètent (*La Presse médicale*, 27 juillet 1913, p. 618, et *Les sécrétions internes*, Paris, 1914, p. 68-72).

groupes les plus importants sont celui des *glandes nutritives* (servant aux mutations de matières), y compris les glandes à action morphogène (thyroïde, hypophyse, thymus), et celui des *glandes régulatrices et excitantes de fonctions* (glandes productrices d'hormones). Si, parmi les premières, le foie a été bien étudié dans sa fonction glycémique et dans sa fonction uréopoiétique et si les conditions dans lesquelles s'éliminent par le sang des veines sus-hépatiques les produits de ce fonctionnement, la glycose et l'urée, ont été en grande partie exactement déterminées, tout est à faire dans ce sens pour les glandes morphogénétiques. Nous ne possédons aucun test qui nous permette de reconnaître dans le sang veineux de la glande thyroïde le principe qui règle le développement du tissu osseux et celui du système nerveux central. La seule épreuve, sûre, actuellement applicable, consisterait à soumettre des animaux myxœdémateux[1] non pas au traitement par l'extrait thyroïdien, mais à un traitement par des injections de sang veineux thyroïdien. Mais que de difficultés d'ordre technique à ces recherches ! — Dans le groupe des glandes productrices d'hormones, il reste aussi beaucoup à faire. S'il est permis de croire que la sécrétion lactée s'établit sous une influence humorale, l'origine réelle de la substance galactagogue est toutefois encore inconnue. Les deux hormones les mieux connues sont sans aucun doute la sécrétine et l'adrénaline. Mais, quoique quelques-unes des conditions de formation de la sécrétine, depuis l'expérience célèbre de Bayliss et Starling (1902), aient été exactement fixées, on ne sait pas encore avec certitude si cette substance existe ou non toute formée dans la muqueuse intestinale et si elle en est simplement extraite par les agents dits excito-sécrétoires qui ne seraient en réalité que des solvants. Ce sont les recherches faites sur la sécrétion de l'adrénaline qui doivent être prises pour modèle. Du jour où nos connaissances sur la sécrétion des produits formés dans la thyroïde et dans quelques autres glandes seront aussi avancées que celles déjà acquises sur la sécrétion surrénale, la question des sécrétions internes aura fait un progrès décisif.

1. On sait par exemple qu'il est assez facile d'obtenir des lapins présentant des troubles trophiques cutanés et un état général qui rappellent le myxœdème (E. Gley).

E. Gley,
Professeur au Collège de France.

LA HOUILLE BLANCHE ET LA HOUILLE GRISE

EN RUSSIE

L'industrie et l'agriculture exigent une quantité considérable d'énergie mécanique pour faire fonctionner les tours, les machines-outils, etc. Tout récemment encore cette énergie était produite presque exclusivement par des moteurs thermiques (machines à vapeur, moteurs à combustion interne), mis en action par la chaleur de la combustion, le plus souvent du charbon et du naphte, quelquefois du bois.

La hausse incessante des prix de ces combustibles a déjà forcé l'industrie de l'Europe Occidentale et de l'Amérique à chercher d'autres moyens de production de la force motrice dans l'utilisation de l'énergie de l'eau courante et des tourbières. Les nouveaux progrès du transport de l'énergie électrique permettent d'utiliser ces sources d'énergie, même lorsque cette dernière est consommée à une très grande distance des lieux de sa production. La hausse exceptionnellement rapide des prix du naphte et du charbon en Russie a conduit à considérer avec une attention toute spéciale les richesses naturelles du pays, dont l'utilisation permettrait de fournir aux entreprises industrielles la force motrice à un prix bas et constant.

Deux questions se posent alors :

1° La Russie possède-t-elle des sources d'énergie hydraulique et des tourbières importantes ?

2° Les cours d'eau sont-ils bien situés par rapport aux lieux où l'on a ou pourra avoir besoin d'une grande quantité d'énergie ?

Nous essayerons dans les pages qui suivent de montrer que ces deux questions peuvent être résolues par l'affirmative.

I. — La houille blanche

Laissant de côté le Caucase, les régions Transcaspiennes et la Sibérie Orientale, nous trouvons dans la Russie Centrale même de grandes sources d'énergie hydraulique. Ainsi, des sources

puissantes se trouvent dans la partie Nord-Ouest de l'Empire, dans les chutes et les rapides des fleuves : Volkhov (30 à 50.000 HP), Msta (30.000 HP), Narova (40 à 70.000 HP), Dvina occidentale (120.000 HP), et Niemen. On trouve également de grandes quantités d'énergie au Nord, dans la région d'Olonetzk (Souma : 10 à 20.000 HP, Vig, Soukhona, Vitegra) et dans les bassins des fleuves qui se jettent dans l'océan Glacial Arctique.

Une quantité considérable d'énergie existe dans les montagnes de l'Oural (les Etangs des Montagnes, les fleuves : Tchoussovaia et Biélaïa) et sur le plateau de Valdaï. Au Sud et au Sud-Ouest sont situées les chutes du Dniepr (120 à

Fig. 1. — *Emplacement des principales forces hydrauliques en Russie et zones possibles de distribution de l'énergie hydro-électrique.*

200.000 HP), les rapides du Dniestr et du Boug méridional. La majorité de ces sources d'énergie (à l'exception des cours d'eau de l'extrême nord) se trouvent dans les régions à population dense, possédant déjà un développement industriel considérable. D'autres sources, telles que les chutes de la Dvina occidentale, sont situées sur de grandes voies d'eau ou bien, comme les chutes d'Olonetzk, par exemple, sont reliées par des cours d'eau aux centres de consommation et présentent, par conséquent, des conditions très favorables à l'exploitation sur place.

Sur la carte de la page 375 sont indiquées par des cercles à rayons de 100, 200, 300 km. les zones qui pourraient être couvertes d'un réseau de lignes de transmission et de distribution partant des sources principales de force hydraulique. On voit que toutes les régions industrielles du Sud, du Sud-Ouest et du Nord-Ouest y sont comprises.

Les régions du Centre sont les moins bien partagées. Mais, par contre, on y trouve de la tourbe dans la contrée industrielle de Moscou-Vladimir. Les départements du Centre sud, où prédomine l'agriculture, n'utilisent pas beaucoup d'énergie et le peu dont ils ont besoin pourrait leur être fourni par l'exploitation perfectionnée et rationnelle de leurs petits cours d'eau. L'utilisation de la force hydraulique pourrait donc prendre dans cette région une forme spéciale.

Il est bon d'ajouter que, dans la plupart des cas, les cours d'eau de la Russie se trouvent, grâce à leurs propriétés naturelles, dans des conditions d'utilisation beaucoup plus favorables que ceux de l'Europe occidentale (les contrées des Alpes et de la Scandinavie exceptées). Les sources de la force hydraulique en Russie étant très puissantes, il serait possible de produire et de transmettre l'énergie à très bon compte, même à des distances considérables.

D'autre part, l'utilisation des grands cours d'eau pour la production de l'énergie hydraulique est intimement liée dans la Russie d'Europe à l'amélioration des conditions de la navigation. Au Caucase et dans le Turkestan, elle entraînerait celle de l'irrigation. De cette façon, la satisfaction simultanée de tous ces besoins créerait des conditions économiques favorables à la réalisation de ces projets.

Mais on doit reconnaître que, malgré la richesse de la Russie en sources puissantes de force hydraulique, l'exploitation de ces sources se trouve dans un état déplorable. (Nous ne parlons pas ici de la Finlande, où l'utilisation de l'énergie a déjà atteint un développement considérable.) De toutes les grandes sources de force hydraulique, seule la chute de Narve est exploitée jusqu'ici et encore l'est-elle bien imparfaitement. La puissance des autres stations de quelque importance, qui existent au nombre de quelques dizaines seulement dans toute la Russie, dépasse rarement quelques centaines de HP. La plupart des stations hydrauliques de Russie, qui fournissent la force à de petites fabriques, scieries, etc., sont peu importantes (quelques dizaines de HP seulement). Il existe encore beaucoup plus d'installations tout à fait primitives, telles que de modestes moulins de village, par exemple.

Mais le nombre total de ces petites installations est extrêmement considérable. En 1910, la Société Impériale Technique Russe entreprit (sur l'initiative de l'ancien Comité organisateur de l'Exposition des applications de l'électricité dans les chemins de fer) une enquête, dans le but de faire un tableau d'ensemble de l'utilisation des forces hydrauliques en Russie. Trois ans de travail permirent de réunir des données précieuses, qui vont bientôt être rendues publiques et où nous puisons actuellement. On reçut des réponses à 90 °/₀ environ des questionnaires envoyés. Les chefs des provinces, des départements et des communes, de même que les directeurs des usines de construction de machines, donnèrent également des renseignements.

Selon cette enquête, la puissance totale de toutes les stations hydrauliques de l'Empire russe dépasse 250.000 HP. Les petites stations comptent pour 80 °/₀ dans ce nombre.

Mais ces dernières ne restent pas stationnaires : un progrès incessant se poursuit. Les méthodes perfectionnées remplacent peu à peu dans l'utilisation de la force hydraulique les anciens moyens tout à fait primitifs. Ainsi, les données de l'enquête montrent que l'importation des turbines en Russie, et la productivité des usines nationales de construction de turbines hydrauliques augmentent sans cesse. La puissance des turbines construites annuellement en Russie s'élève pendant les dernières années à 7.000 HP environ, tandis qu'elle ne dépassait pas 2.000 HP environ en 1900 et montait à peine à quelques centaines de HP en 1890.

Si donc l'utilisation de la force hydraulique reçoit quelque développement en Russie, ce n'est que dans la petite industrie. Quant aux stations hydrauliques puissantes, sous forme de grandes centrales hydroélectriques, elle sont, comme on le voit, extrêmement rares.

Cependant, même dans ce domaine, on remarque depuis quelque temps un mouvement réjouissant : toute une série de projets gouvernementaux, des demandes de concessions, l'entreprise

de Stuart au Caucase, — tout cela indique que le moment est proche où les forces hydrauliques trouveront aussi en Russie l'application qu'elles méritent. Les facilités seront encore accrues quand, à l'aide des organisations techniques et industrielles, disparaîtront les entraves juridiques venant de l'imperfection de la législation sur l'exploitation de l'eau et l'installation des lignes de distribution électrique.

Il est certain aussi que, parmi les principales causes empêchant le développement de l'industrie hydroélectrique, il faut compter :

1° L'ignorance de l'existence en Russie des sources de force hydraulique ;

2° La connaissance insuffisante, dans les milieux techniques russes, des méthodes techniques contemporaines et surtout des conditions économiques de leur utilisation.

Au manque de renseignements sur la Russie s'ajoute encore la légende qui représente ce pays comme une immense plaine dont les cours d'eau se prêteraient mal à la production de l'énergie hydroélectrique, légende, comme nous l'avons démontré, absolument fausse. D'autre part, la connaissance insuffisante des installations hydrauliques fait que la grande masse des industriels et des techniciens ne se représentent que très imparfaitement les limites de la réalisation technique de ce genre d'entreprises et, ce qui est plus grave encore, ne se rendent pas bien compte des conditions économiques de ces installations et de leur exploitation, c'est-à-dire n'ont pas une idée suffisamment claire du prix de revient d'une unité de puissance et de celui de l'énergie, dans des conditions différentes.

Celles qui en souffrent le plus sont des entreprises peu importantes ou provinciales, qui peuvent rarement avoir recours à des spécialistes et doivent se contenter, la plupart du temps, des techniciens qu'elles trouvent sur place.

II. — La Houille grise

La Russie possède, au fond de ses marais, d'énormes réserves de tourbe, qui dépassent de beaucoup toutes celles qui existent dans les autres pays.

Les surfaces occupées par les tourbières dans les différents pays sont exprimées par les chiffres suivants :

Allemagne...	2.837.000 hect.	c.-à-d.	5,2 %	surf. tot. du pays
Irlande.....	475.000 —	—	5,8 %	—
Suède.....	5.198.000 —	—	12,6 %	—
Finlande....	7.400.000 —	—	20 %	—
Russie d'Eur.	38.000.000 —	—	7 %	—

Au point de vue agricole, les tourbières sont comptées en Russie parmi les mauvaises terres. Leur nombre est si élevé dans certaines régions qu'on est obligé de lutter énergiquement contre leur funeste influence sur l'agriculture et sur la santé de la population, d'autant plus que les marais s'accroissent continuellement et englobent, dans beaucoup d'endroits, des étendues toujours nouvelles.

Si l'on considère les tourbières comme des réserves de combustibles, on doit reconnaître qu'en Russie leur situation géographique est excessivement favorable. Elles sont, en effet, situées dans les régions éloignées des lieux où se trouvent d'autres combustibles industriels (houille, naphte), mais relativement rapprochées des centres de grande activité industrielle, qui sont obligés d'importer les combustibles provenant du sud de Russie ou de l'étranger (*voir la carte de la page* 378).

Une grande quantité de fabriques et d'usines, situées dans le voisinage des tourbières, emploient depuis longtemps déjà la tourbe.

A mesure que le prix des autres sortes de combustibles monte, l'emploi de la tourbe devient plus considérable et son extraction prend des proportions de plus en plus vastes, grâce à l'emploi fréquent de machines pour son traitement.

La hausse brusque des prix du naphte et de la houille a éveillé dans les milieux industriels de la région de Moscou-Vladimir, riche en marais, un grand intérêt pour l'emploi de la tourbe comme combustible et on a recherché les moyens d'abaisser le prix de son extraction et d'utiliser les tourbières éloignées.

Là où la tourbe se trouve à proximité des lieux de consommation, son prix industriel est déjà élevé maintenant. Ce fait est confirmé, entre autres, par les hauts prix de location de celles des tourbières de l'Etat qui ont une situation favorable par rapport aux fabriques et usines.

Ce qui empêche l'exploitation sur une grande échelle de la tourbe comme combustible, c'est surtout la difficulté et la cherté de son transport, ainsi que la nécessité d'avoir de grands espaces pour conserver la tourbe au lieu de la consommation.

Ces inconvénients disparaîtraient naturellement avec la construction, à proximité du lieu d'extraction de la tourbe, d'une centrale, qui permettrait la transmission de l'énergie aux fabriques sous forme d'électricité. Actuellement cette transmission se fait, sans grand effort, à la distance de 150 km. environ, de sorte qu'une station construite dans le voisinage d'un marais

pourrait desservir une région de 70.000 km². environ[1].

L'application de l'électricité à la transmission de l'énergie permettrait d'abaisser le coût de l'extraction et du traitement de la tourbe, car on pourrait alors se servir — au lieu de locomobiles à vapeur, d'un prix élevé et exigeant pour leur fonctionnement et leur mouvement sur les marais une grande quantité de main-d'œuvre — de moteurs électriques relativement peu coûteux et d'un maniement facile.

1. Surface à peu près égale aux départements de Moscou et de Vladimir, pris ensemble (72.000 km² environ).

Fig. 2. — *Distribution des régions cultivées et incultes en Russie, ces dernières presque entièrement recouvertes de tourbières.*

Un tel remplacement serait d'une grande importance pour l'extraction de la tourbe, qui n'est possible en Russie que pendant une période très courte : 2 mois et demi à peine, c'est-à-dire de 65 à 70 journées de travail par an.

Après mûre considération, la Société qui fournit actuellement l'énergie à la ville de Moscou a déjà entrepris la construction d'une grande station électrique sur une tourbière située près de la ville de Bogorodsk[1]. Cette station est destinée à fournir l'énergie électrique aux nombreuses fabriques situées dans son rayon d'action, dans les départements de Vladimir et de Moscou. Elle est construite d'après les données de l'expérience d'une station électrique allemande bien connue, située en Frise orientale sur un marais de l'Etat appelé Wiesmoor, près la ville d'Aurich. La station allemande poursuit un but d'une grande importance pour le pays, celui de transformer rapidement le marais en une terre cultivable, et d'utiliser ensuite, peu à peu, pour les besoins de la station, la tourbe qui restera après la transformation définitive du marais en champs cultivés.

La station d'Aurich emploie actuellement la tourbe extraite pendant la construction des canaux de drainage et des routes, le long des canaux principaux.

Pour l'extraction de la tourbe et de la terre, nécessaires à la construction des canaux, on se sert de l'énergie électrique produite par la station. La même énergie est employée aux premiers labourages, car la légèreté et la puissance des charrues électriques les rendent très commodes pour ce travail.

La tourbe est brûlée sous les chaudières de la station.

Il existe encore un autre procédé d'utilisation de la tourbe, appliqué surtout dans les tourbières de prairies, riches en azote. Il est basé sur la propriété de décomposition de la tourbe humide en gaz, employés par les moteurs à gaz, et produits goudronneux, dont on retire du bisulfate d'ammonium, utilisé comme engrais.

Les succès obtenus dans la transmission de l'énergie électrique et l'extraction et l'utilisation de la tourbe tracent la voie à l'utilisation étendue des énormes tourbières existant en Russie et à la transformation des marais en terres d'une grande valeur.

L'importance que peut recevoir, pour les régions industrielles du Nord-Ouest central de la Russie, la tourbe, employée comme combustible, est montrée par les chiffres suivants :

1. A 70 km. de Moscou.

Le rendement thermique de 16 kg. de tourbe, séchée à l'air (contenant de 20 à 25 °/₀ d'eau), est à peu près égal à celui de 8 kg. de houille du Donetz et à 5,33 kg. de résidus de naphte.

L'extraction, le traitement et le séchage à l'air reviennent actuellement à 1 centime environ par kg. de tourbe sèche. L'emploi de l'énergie électrique doit, comme on l'a déjà remarqué, sensiblement abaisser ce prix de revient.

Si, par conséquent, on utilisait les énormes quantités de tourbe qui existent dans les marais de la Russie, très vastes, mais ne se prêtant pas à l'exploitation par les anciens procédés, les dépenses faites pour le combustible par les entreprises industrielles du centre de la Russie seraient réduites de plus de moitié. Les industries de la région Nord-Ouest pourraient également diminuer de 50 °/₀ leurs dépenses de combustible et ne seraient plus forcées d'employer la houille étrangère.

On peut se faire une idée générale des réserves de tourbe en Russie d'après les données suivantes :

Dans les tourbières de l'Etat, examinées jusqu'en 1909, on trouve en moyenne 18.000 m³ de tourbe brute par hectare, ce qui fait 2.100 tonnes environ de tourbe séchée à l'air.

Les renseignements donnés plus haut sur les surfaces occupées dans différents pays par les tourbières, montrent que la Russie (la Finlande comprise) possède 45.400.000 hectares de tourbières. Si l'on admet pour toute cette étendue la moyenne par hectare qu'on a trouvée pour les tourbières de l'Etat déjà examinées, on aura 96 milliards de tonnes de tourbe, ce qui équivaut à 48 milliards de tonnes de houille, la puissance calorifique du premier combustible n'étant que 50 °/₀ de celle du second.

Dernièrement, le Comité géologique fit calculer la quantité totale de houille existant en Russie. D'après ce calcul, il y aurait dans les bassins du Donetz et de Dombrova 70 à 75 milliards de tonnes, dont 56 milliards dans le seul bassin du Donetz qui alimente le Sud et le Centre de la Russie.

Etant donné l'accroissement naturel des tourbières, on peut admettre que les parties centrales Nord-Ouest et Nord de la Russie possèdent dans leurs tourbières des réserves de combustible aussi vastes que celles qui existent au Sud dans le bassin houiller du Donetz.

L'état actuel de la technique de la transmission de l'électricité permet déjà l'utilisation d'un grand nombre de tourbières. On le voit par l'exemple du département de Pétrograd, où, dans le voisinage immédiat de la capitale (district de

Schlusselbourg et de Novoladojsk), plus de la moitié de la terre environnante est couverte par des marais boisés ou non.

Mais l'exploitation large et rationnelle de la tourbe est une chose très compliquée, exigeant la connaissance approfondie de ce genre d'entreprises, des particularités physiques et économiques du lieu où l'on se propose d'entreprendre l'exploitation et des conditions de transmission de l'énergie, produite par la tourbe sous forme d'énergie électrique.

De nombreuses tentatives d'exploitation de la tourbe par des procédés perfectionnés ont déjà été faites en Russie et beaucoup d'entre elles ont eu des résultats déplorables au point de vue technique aussi bien que financier.

Les essais d'nne vaste exploitation des tourbières à l'aide de l'électricité, entrepris actuellement, s'appuient, il est vrai, sur l'expérience des stations électriques de l'Europe occidentale, sorties déjà de la période des « maladies d'enfants ». On peut donc espérer que de nouvelles expériences, faites actuellement sous la direction des spécialistes russes et étrangers, donneront de bons résultats.

Il est cependant possible que, en raison des différences considérables entre les conditions d'exploitation des tourbières en Russie et à l'étranger, les entreprises-pionnières russes traversent d'abord une période de tâtonnements et de dépenses supplémentaires pour s'adapter aux particularités locales.

Pour développer l'organisation rationnelle de l'exploitation des forces hydrauliques et des tourbières, le 7e Congrès Electrotechnique Russe avait conçu l'idée d'une exposition spéciale, qui aurait rassemblé ce qui concerne cette question.

La guerre, survenue sur ces entrefaites, empêcha la réalisation de ce projet. Mais, quoique ajournée et même quelque peu oubliée à cause des événements actuels, cette question n'a rien perdu de son importance, et il est à prévoir que, la guerre terminée, elle reviendra de nouveau à l'ordre du jour. Elle se posera alors avec plus de force encore qu'auparavant, car la nécessité d'augmenter la production s'imposera en Russie et l'obligera à trouver une meilleure utilisation de toutes ses sources d'énergie[1].

1. D'après le journal *Elektrichestvo*.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Horsburgh (E. M.), *Maître de conférences de Mathématiques techniques à l'Université d'Edimbourg.* — **Modern Instruments and Methods of Calculation** (A HANDBOOK OF THE NAPIER TERCENTENARY EXHIBITION). — *1 vol. in-8° de 363 p. avec nombreuses fig. (Prix cart. : 7 fr. 50). G. Bell and Sons, Ltd, Londres, et The Royal Society, Edimbourg*, 1914.

A l'occasion du troisième centenaire de la découverte des logarithmes par Napier, qui a été célébré l'année dernière à Edimbourg, on avait organisé une exposition très intéressante de tout ce qui se rapporte aux méthodes et aux instruments de calcul. Le présent ouvrage est en principe un catalogue de cette exposition, mais complété par une série d'articles historiques ou didactiques, qui en font un véritable traité des méthodes et instruments de calcul modernes, que le calculateur de laboratoire, l'ingénieur, l'astronome, le statisticien consulteront avec profit.

Les trois premiers chapitres se rapportent à l'histoire de la découverte des logarithmes, aux souvenirs de Napier, à ses ouvrages, à ses osselets ou bâtons à calcul, à l'histoire des tables mathématiques, avec une liste très complète de ces dernières, comprenant non seulement les tables de logarithmes, mais les tables arithmétiques, les tables de facteurs, de constantes, de fonctions trigonométriques naturelles et logarithmiques, de fonctions elliptiques, hyperboliques, exponentielles, de fonctions de Legendre et de Bessel, d'intégrales diverses, etc.

Dans le chapitre IV, M. F. J. W. Whipple expose les principes généraux des machines à calculer arithmétiques, qui sont suivis de la description du mécanisme d'un certain nombre d'entre elles : machine Archimedes, calculateur de Colt, machines Brical, Brunsviga, Burroughs, comptomètre, arithmomètres de Layton, de Thomas, Mercedes-Euklid, machine Millionaire, machine à calculer automatique du Nautical Almanac Office, avec un appendice sur les machines à écrire mathématiques et à calcul Hammond et Monarch.

Les chapitres V et VI sont consacrés à l' « abaque », la machine à calculer des Orientaux, et aux règles à calcul, dont un grand nombre de types sont décrits.

Le chapitre VII comporte les autres instruments du laboratoire mathématique, c'est-à-dire les intégraphes, les intégromètres, les planimètres, les différentiateurs, les appareils pour l'analyse harmonique, les appareils à prédire les marées, les conographes, les machines à résoudre les équations numériques, les instruments pour la mise en courbes, les pantographes, les calculateurs photographiques. Comme dans le chapitre IV, la plupart des paragraphes s'ouvrent par une introduction générale sur la catégorie d'instruments considérée, après laquelle vient la description d'un certain nombre de types.

Dans le chapitre VIII sont décrites les diverses formes de papiers réglés : quadrillé, logarithmique, triangulaire, polaire, dont l'emploi se généralise tous les jours, et leurs principales applications ; le chapitre se termine par la description de quelques monogrammes à points alignés, exposés par M. d'Ocagne.

Enfin, le dernier chapitre est consacré à la description d'un certain nombre de modèles mathématiques : représentation de surfaces, de solides réguliers et de formes connexes, modèle thermodynamique de Maxwell, liaisons fermées, mouvements parallèles, etc.

S. LORIER.

2° Sciences physiques

Bruninghaus (L.), *Docteur ès sciences.* — **Données numériques de Spectroscopie** (SPECTRES D'ÉMISSION, SPECTRES D'ABSORPTION, PHÉNOMÈNE DE ZERMAN). *Préface de* M. H. DESLANDRES, *membre de l'Institut.* — *1 vol. in-4° de VIII-73 p. [Extrait du volume III des Tables annuelles de Constantes et de Données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie]. (Prix cart. : 10 fr.). Gauthier-Villars, éditeur, Paris*, 1914.

Le Comité international qui s'est fixé la tâche utile de publier les Tables annuelles de constantes et de données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie, s'est résolu de donner cette année pour la première fois, en une série de tirages à part, certains chapitres extraits de son volume III (constantes publiées en 1912). L'un des plus importants de ces chapitres est celui qui concerne la Spectroscopie, et pour lequel M. H. Deslandres, l'éminent Directeur de l'Observatoire de Meudon, a bien voulu faire une préface, où il met en lumière la grande utilité de ce fascicule qui, plus commode et plus maniable que le volume général, assurera à tous une économie de travail et de pensée. C'est à M. L. Bruninghaus que nous devons la préparation et le collationnement des données de ce chapitre. Il comprend non point des extraits, mais l'intégralité des tableaux de longueurs d'ondes publiés dans tous les recueils scientifiques pendant l'année 1912. Il est précédé d'une table alphabétique des symboles chimiques des éléments cités, avec renvoi aux pages et aux paragraphes les concernant. Une disposition semblable est prise pour les substances organiques dont les spectres d'absorption sont donnés. Parmi les principales divisions qui viennent s'ajouter aux spectres d'émission et d'absorption, nous citerons celles qui sont consacrées au phénomène de Zeeman, au déplacement des raies sous l'influence de la pression ; aux relations entre l'intensité de celles-ci et les conditions d'excitation (en comprenant les essais quantitatifs et de sensibilité), à la vitesse de projection des vapeurs lumineuses dans l'étincelle, et enfin aux groupements en série, qui nous permettent d'approcher de plus près la connaissance de la constitution des spectres.

Ce fascicule comporte, en dehors des tableaux extraits du volume, les compléments nécessaires pour en faire un tout complet. Nous souhaiterons que le public scientifique et industriel fasse à cette œuvre un accueil et un encouragement qui en assurent la diffusion, d'où dépendra l'avenir d'une aussi précieuse publication, dont le maintien s'impose comme une nécessité.

A. DE GRAMONT,
Membre de l'Institut.

3° Sciences naturelles

Smith (J. Russell), *Professeur d'Industrie à l'Ecole Wharton de Finance et de Commerce, Université de Pensylvanie.* — **Industrial and commercial Geography.** — *1 vol. in-8° de 914 p. avec 244 fig. (Prix cart. : 18 fr. 75). Constable and Co. Ltd, Londres, et Henry Holt and Co., New-York*, 1914.

« Cet ouvrage a pour but d'interpréter la Terre en fonction de son utilité pour l'humanité. Comme l'intérêt primordial est l'humanité plutôt que des parties de la surface terrestre, le livre traite des activités humaines telles qu'elles sont affectées par la Terre, plutôt que des parties de la Terre en ce qu'elles affectent les activités humaines. »

Ces quelques lignes de la préface indiquent bien le caractère de l'œuvre de M. J. R. Smith, qui, pour prendre des points de comparaison connus, s'écarte totalement du plan de la *Géographie économique* de MM. M. Dubois et Kergomard, qui est un exposé des ressources des diverses régions du globe, pour se rapprocher de la *Géographie économique* de M. Clerget, où l'auteur envisage surtout l'exploitation par l'homme des diverses richesses que lui offre la Nature.

La première partie, qui occupe plus des deux tiers du volume, est consacrée à la Géographie industrielle. Chaque industrie (ou groupe d'industrie), qui dépend de certaines conditions de milieu ou autres, y est considérée en elle-même et traitée comme une unité; son développement dans les différents pays y est bien indiqué, mais sans sacrifier la connaissance générale de l'industrie elle-même. L'auteur passe ainsi successivement en revue les industries agricoles : céréales, aliments à amidon, légumes, fruits, vins, sucre, condiments, tabac, animaux de ferme et de boucherie, pêcheries; puis les industries mécaniques : fer et acier, combustibles, énergie hydraulique, bois et papier, fibres, textiles et vêtements, cuir et caoutchouc, machines, constructions navales, produits chimiques bruts et fabriqués, métallurgie. Un assez grand nombre de renseignements, cartes, graphiques, illustrations se rapportent naturellement aux Etats-Unis, et aux industries américaines, que l'auteur connaît le mieux, mais l'ensemble garde cependant un caractère suffisant de mondialité.

La seconde partie de l'ouvrage traite de la Géographie commerciale. Ici l'auteur considère les grands ports de trafic et les raisons géographiques et économiques de leur développement, puis il décrit les principales routes commerciales du monde et les principaux produits qui y circulent.

Une bibliographie générale précède chacune des deux parties de l'ouvrage, et la plupart des chapitres se terminent, en outre, par une bibliographie spéciale. Un certain nombre de périodiques et de publications officielles y sont recommandés à ceux qui désirent se maintenir au courant du mouvement économique.

Rabaud (Etienne), *Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.* — **La Tératogenèse, étude des variations de l'organisme.** — *1 vol. in-18 de 361 pages (avec 98 fig.) de l'Encyclopédie scientifique publiée sous la direction du Dr Toulouse. (Prix cart. : 5 fr.) O. Doin et fils, éditeurs, Paris,* 1914.

Pendant longtemps on n'a vu dans la Tératogenèse que le moyen de faire des monstres, ces derniers étant alors considérés comme des exceptions de médiocre importance. On s'en tenait à la simple dissection et l'on n'appliquait l'appellation de monstres qu'aux individus incapables soit de vivre dans les conditions habituelles, soit d'avoir une descendance.

M. Rabaud est un de ceux qui ont le plus contribué à montrer que les termes tératologie et pathologie ne sont nullement synonymes. Il proteste de nouveau contre cette confusion, et, dès le début de son ouvrage, il fait remarquer que toute définition limitative de l'anomalie demeure impossible, ce qui indique qu'il n'existe aucune différence morphologique essentielle entre une variation quelconque et une anomalie. Il prouvera plus loin qu'il n'existe pas davantage de différences histo-physiologiques. Il n'hésite pas à déclarer que l'étude de la Tératogenèse se ramène à celle des variations examinées à leurs divers points de vue, sans omettre celui de la continuité héréditaire.

Avant tout, il importait de rechercher la nature de la variation tératogénique et d'examiner ses processus généraux : c'est l'objet du premier chapitre. L'auteur montre d'abord que la théorie de l'arrêt de développement (Meckel, Etienne Geoffroy Saint-Hilaire), née de la conception générale d'unité de plan d'organisation, et qui a joué un rôle si important dans l'évolution des idées sur les monstres, ne correspond plus à l'état actuel de nos connaissances. Il établit ensuite que les théories de la mosaïque (Chabry), de la mutation (H. de Vries) et de l'orthogenèse (Eimer) se ramènent, sous d'autres noms et avec d'autres prétentions, à la théorie de l'unité de plan de composition avec sa conséquence nécessaire : la doctrine de l'arrêt de développement.

Dans le chapitre II (Les processus tératologiques primaires, variations de la formation des ébauches), l'auteur, après avoir indiqué l'essentiel des phénomènes de variation tératologique, pénètre dans le détail des faits et examine successivement la formation diffuse, la formation déplacée, la formation convergente, la formation massive, la formation dissociée, l'hétéromorphose, la végétation désorientée, l'hétérochronie et l'absence de formation.

Au nombre des exemples de végétation désorientée cités figure l'omphalocéphalie. Les expériences de l'auteur (1898) nous ont appris que ce processus ne saurait être assimilé à un excès ou à un arrêt du développement, ni à une modification simple de la croissance. Kaestner a prétendu (1907) qu'il ne s'agissait pas d'une végétation primitive, mais d'un déplacement secondaire de l'encéphale sous l'influence d'une poussée mécanique provoquée par le jaune de l'œuf qui se dilaterait en se refroidissant, d'où un choc déterminant à la fois une atrophie de l'encéphale et une courbure dont la conséquence serait une migration de l'encéphale sous le cœur, dans le pharynx.

M. Rabaud (1908) a réfuté, par une nouvelle série d'expériences, les bizarres théories de Kaestner. Il a montré que, si une pression prolongée peut quelquefois déterminer une certaine atrophie des vésicules cérébrales, elle ne contraint jamais ces vésicules à pénétrer dans le pharynx. D'ailleurs, l'œuf d'oiseau ne renferme aucun agent capable de comprimer l'embryon : le jaune ne se dilate nullement sous l'influence du froid. Enfin, l'omphalocéphalie apparaît alors même que l'embryon est complètement mis à l'abri de toute pression mécanique possible. Devant cette critique serrée, basée sur des faits probants, l'auteur allemand a jugé prudent de ne pas insister.

L'étude des processus tératologiques secondaires est abordée dans le chapitre III (Variations du développement des ébauches); viennent ensuite d'importantes considérations sur la « Variation analogique et la limitation des processus » (chapitre IV). Il est indéniable qu'un examen superficiel donne l'illusion que tous les processus de variation sont connus et que tout semble se passer comme si leur nombre était assez limité. L'idée d'unité de plan et celle d'arrêt de développement qui en découle, proviennent de l'apparente répétition des types tératologiques. C'est ce phénomène que Darwin appelle *variation parallèle* et auquel s'applique mieux le terme de *variation analogique*. Il ne fait aucun doute que des dispositions morphologiquement très analogues se retrouvent avec une assez grande fréquence, comme si le champ des variations possibles était limité à un certain nombre de « formes » constituant pour les mutationnistes autant de « caractères » indépendants les uns des autres et de l'organisme lui-même. Mais une telle conception ne correspond pas à la réalité. La question de la « répétition des types tératologiques », qui entraîne celle de la limitation des variations, doit être résolue dans le sens d'une « non répétition » et par conséquent d'une multiplicité très grande de formes possibles, dont les ressemblances, quand elles ne résultent pas de convergences superficielles, traduisent une parenté plus ou moins proche.

Le chapitre V traite des prétendues lois de la variation : loi du développement tardif, loi de constance des parties périphériques, loi de la variabilité des parties multiples, loi des connexions des organes limitant les possibilités de variation, loi du balancement. Les quatre premières ont été formulées par I. Geoffroy Saint-Hilaire;

la dernière l'a été à la fois par Goethe et par I. Geoffroy Saint-Hilaire. Elle fut admise par Darwin. Cette revue des « lois » de la variation ne laisse debout aucune donnée positive dont on puisse dire qu'elle limite, pour un organisme, la possibilité de changer.

L'examen des variations locales et celui des ontogenèses anormales font l'objet des deux chapitres suivants. L'auteur est amené à considérer l'organisme comme un tout pour lequel il n'existe que des variations d'ensemble pouvant se manifester par des changements morphologiques divers. Ceux-ci sont nécessairement localisés dans telle ou telle région, et c'est cette localisation, phénomène secondaire, qui attire l'attention, et que nombre de biologistes prennent pour une variation indépendante. Il est indispensable d'admettre, dans l'organisme embryonnaire, une coordination générale, et, de plus, dans l'espace et dans le temps, une continuité telle que tout changement qui se produit ne peut être qu'un changement de l'individu tout entier.

Les théories contemporaines sur la variation accordent une importance capitale à l'amplitude de cette dernière. A en croire certains biologistes, ce serait sur cette amplitude qu'il faudrait se baser pour décider si l'on se trouve en présence d'une mutation ou d'une simple fluctuation. M. Rabaud aborde cette question dans le huitième chapitre de son ouvrage. Pour les défenseurs de la théorie de la mutation, ce phénomène proviendrait du changement d'un « caractère » existant en soi, qui apparaîtrait ou disparaîtrait en dehors de toute condition déterminée et serait héréditaire. Avant d'accepter cette explication, il est nécessaire de rechercher si les variations de l'organisme ne sont vraiment que des déplacements de parties pré-existantes, dont les unes se dissimulent et les autres s'extériorisent, ou si, au contraire, toute variation est un changement effectif de l'organisme lui-même en conséquence de son interaction avec le milieu. Nous devons remarquer tout d'abord que, dans la mutation, le phénomène ne réside pas tout entier dans l'hiatus morphologique; et, d'ailleurs, sans dépasser l'examen morphologique, on découvre la continuité d'une façon très appréciable. Quel que soit l'individu anormal considéré, il sera toujours possible de grouper autour de lui nombre d'autres individus, différents par l'amplitude de la variation, qui constitueront, d'un côté, une série croissante et, de l'autre, une série décroissante. C'est ainsi que le bec de lièvre montre tous les termes de passage, depuis la simple encoche labiale jusqu'à la fissure complexe, et l'on observe également toutes les transitions en ce qui concerne respectivement les ectroméliens, les polydactyles, etc. Par suite, si on les envisage au point de vue de l'existence d'intermédiaires, les anomalies ne répondent nullement à la définition du « caractère », qui doit toujours être comparable à lui-même, à de minimes différences près. Dans la morphologie, tout indique une continuité correspondant à une série continue d'états constitutionnels. Ce qui précède conduit à penser que, si, du progéniteur à l'engendré, la variation morphologique accuse, dans certains cas, une très grande amplitude, celle-ci n'implique nullement un saut brusque dans les processus histogénétiques et physico-chimiques. Le fait que l'on n'aperçoit pas toujours de transitions entre deux dispositions morphologiques ne démontre pas que ces transitions aient fait défaut. Il signifie plutôt que les systèmes d'échanges intermédiaires se sont succédé avec une rapidité trop grande pour que la traduction extérieure de chacun d'eux se soit manifestée d'une façon nette et durable. En définitive, rien ne permet de distinguer une mutation d'une fluctuation.

La question de l'hérédité tératologique est abordée dans le chapitre IX. Considérées au point vue de la morphologie pure, les anomalies correspondent à la définition des variations fluctuantes; étudiées au point de vue de leur durabilité, elles sont du domaine des variations brusques. Elles appartiennent, par suite, aux mutations et aux fluctuations; ce qui montre, une fois de plus, qu'il n'existe réellement pas deux ordres de variations. La continuité héréditaire d'un très grand nombre de dispositions morphologiques semble toujours possible, à la condition toutefois qu'elles ne constituent point par elles-mêmes un obstacle absolu à la reproduction. Des observations précises ont depuis longtemps démontré la transmission héréditaire de la polydactylie, de l'ectrodactylie chez différents Mammifères et Oiseaux, du bec de lièvre, de la syndactylie et de la phocomélie chez l'Homme, de l'absence ou de la multiplicité des cornes chez divers Ruminants, etc. En définitive, « l'hérédité tératologique se confond avec l'hérédité tout court ».

Le dernier chapitre de l'ouvrage traite des rapports de la tératogenèse avec l'évolution. La persistance dans la suite de plusieurs générations d'un état anormal nouvellement acquis constitue une véritable transformation; elle contribue à la multiplication des formes. C'est précisément là le phénomène de l'évolution. Il importe de remarquer que, contrairement à ce que pensent les mutationnistes, l'amplitude des variations ne joue aucun rôle dans la circonstance, puisque, dans les lignées, les variations les plus étendues, et que l'on serait tenté de croire véritablement brusques, comme l'ectromélie, semblent être les plus passagères. Du reste, une série de petites variations aboutit parfois à des résultats morphologiques très analogues à ceux d'une variation unique de grande amplitude. A ce point de vue, rien n'autorise donc à opposer une évolution brusque à une évolution lente, bien que les conditions qui déterminent une variation de grande amplitude diffèrent évidemment de celles qui provoquent une variation de faible amplitude. Les variations dites brusques appartiennent d'une façon exclusive à la période embryonnaire. L'ectromélie vraie, la phocomélie, l'exstrophie vésicale, etc., ne se constituent point une fois les organes formés et en partie développés. Ce caractère les distingue des variations « lentes », qui se produisent à un moment quelconque du développement embryonnaire ou post-embryonnaire.

Les processus anormaux ne sont pas de simples modifications des processus normaux; ce sont des variations qualitatives de l'organisme. Il ne saurait plus être question de réduire le nombre des ontogenèses à celui des groupes principaux entre lesquels nous répartissons l'organisme, sous le prétexte que ces ontogenèses « normales » sont les seules possibles, et que, par conséquent, toute variation n'en est qu'une modification par excès ou par défaut. Il faut donc concevoir la réalité d'un très grand nombre d'ontogenèses. Parmi les ontogenèses anormales, il en est beaucoup qui peuvent se perpétuer et devenir l'origine de lignées nouvelles. Telles sont les conclusions auxquelles arrive M. Rabaud, après avoir développé ses idées personnelles et montré la grande portée des faits tirés de l'embryologie expérimentale.

En terminant cette analyse, nous pensons qu'on ne saurait lire ce remarquable ouvrage, dans lequel sont abordés des problèmes fondamentaux, sans acquérir la conviction que la Tératogenèse mérite d'être considérée comme l'un des sillons les plus fertiles de la Biologie.

Edmond Bordage,
Docteur ès sciences,
Chef de Travaux pratiques à la Sorbonne
(Section des Hautes Etudes).

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 25 Mai 1915

1° Sciences physiques. — M. **A. Berget** : *Sur la constante capillaire de l'eau de mer.* L'auteur a déterminé la constante capillaire de l'eau de mer par la méthode de l'ascension dans des tubes étroits ; mais, pour éviter la visée, toujours incertaine, du niveau du liquide dans le vase inférieur, il a mesuré la différence de hauteur dans deux tubes fins de diamètres différents. Voici les valeurs de la constante capillaire à 0° en mgr. par mm. : eau de mer de Monaco, 7,778; eau de mer artificielle, 7,812; eau distillée, 7,582. Le coefficient de température a pour valeur moyenne 0,018. La constante capillaire a donc une importance considérable dans les mesures aréométriques. — M. **J. Glover** : *Emploi des vibrations solidiennes de la voix en téléphonie avec fil et sans fil, ainsi qu'en phonographie.* L'auteur a reconnu qu'il est possible de multiplier les variations du courant microphonique des téléphones par la simple adjonction, aux appareils habituels, d'un ou plusieurs microphones additionnels, isolés du milieu ambiant au point de vue acoustique et électromagnétique, et destinés à recueillir à la surface du corps les vibrations solidiennes de la voix. La reproduction de la voix se fait ainsi avec une pureté toute particulière et une grande netteté, ainsi que l'indiquent les tracés oscillographiques. Ces faits sont susceptibles d'applications importantes en téléphonie ordinaire et sans fil et en phonographie.

2° Sciences naturelles. — M. **Eugène Pittard** : *Anthropométrie comparative des populations balkaniques.* L'auteur a mesuré l'indice céphalique des diverses populations balkaniques. Voici les moyennes observées : Bulgares, 79,88; Serbes, 80,42; Grecs, 82,23; Turcs 82,24; Roumains, 82,92; Tatars, 83,80; Albanais, 87,12. La majorité des peuples balkaniques sont donc sous-brachycéphales, avec des groupes sous-dolichocéphales (Bulgares) et hyperbrachycéphales (Albanais). Au point de vue des caractères de la face, ce sont les Serbes qui ont le visage le plus étroit, et les Tatars, chez qui survit encore du sang mongoloïde, la face la plus large. — M. **J. P. Dubarry** : *Document sur la vaccination antityphoïdique par la voie gastro-intestinale.* Il s'agit des vaccinations pratiquées sur un millier de prisonniers allemands cantonnés à Toulouse et chez lesquels s'étaient déclarés un certain nombre de cas de fièvre typhoïde. Tandis que 444 prisonniers étaient vaccinés par voie hypodermique avec le vaccin Chantemesse, 595 autres, qui paraissaient peu aptes à recevoir l'injection de sérum à cause de leur débilité, absorbèrent l'entéro-vaccin de MM. Lumière. Aucun malaise ne fut signalé chez ces derniers. Les uns comme les autres, placés dans les mêmes conditions de cantonnement qu'au début, n'ont présenté, depuis lors, aucun cas de fièvre typhoïde. — M. **E. Roubaud** : *Destruction des mouches et désinfection des cadavres dans la zone des combats.* Le retour des mois chauds entraîne la menace du développement exagéré des mouches, avec ses conséquences épidémiologiques. Dans les cantonnements des troupes et à l'arrière, les projections d'huiles lourdes de goudron de houille sur les ordures et les matières fécales protégeront contre l'accès des mouches et leur reproduction; pour les fumiers et purins, on emploiera de préférence le crésyl et le sulfate ferrique qui, aux doses nécessaires, ne sont pas toxiques pour les plantes. Dans les tranchées et sur toute la zone des combats, il faudra prévenir l'accès des mouches sur les cadavres, et là encore les huiles lourdes de houille sont les plus efficaces, puis assurer la désinfection des cadavres et la destruction des larves qui pourraient s'y développer, et cela par le sulfate ferrique pulvérisé ou par ses solutions à 10 ou 20 %.

Séance du 31 Mai 1915

1° Sciences physiques. — M. **Salet** : *Sur la loi de dispersion des spectres prismatiques.* On ne connaît pas de formule simple représentant avec une exactitude suffisante la fonction qui relie la longueur d'onde d'une raie à sa position dans le spectre prismatique. La formule de Cornu ne représente la courbe réelle d'un spectrographe que pour des intervalles assez restreints. Ayant étudié, pour deux dispersions différentes, les courbes du spectrographe du grand équatorial coudé, l'auteur a reconnu que la mesure l de la position d'une raie est liée à sa longueur d'onde par la formule simple $\lambda = a \operatorname{tang}(bl + c) + d$, où a, b, c et d sont des constantes que l'auteur est parvenu à calculer. — M. **M. Hamy** : *Sur une formule de réduction des spectres prismatiques.* L'auteur, étudiant la même question que M. Salet, a obtenu une autre expression de λ en fonction de l, tout aussi précise, mais d'application incomparablement moins laborieuse :

$$\lambda - \lambda_1 = \frac{l - l_1}{A_0 + A_1(l - l_1) + A_2(l - l_1)^2},$$

A_0, A_1 et A_2 étant des constantes qui se calculent beaucoup plus facilement que les précédentes. — M. **M. Glagolev** : *Sur le spectre des rayons X secondaires homogènes.* Les recherches de Laue, Bragg, Moseley, Broglie ont établi que les rayons X émis par l'anticathode d'un tube Röntgen comportent une partie assez considérable du spectre continu et aussi quelques lignes spectrales séparées, qui dépendent de la nature de l'anticathode. Des expériences sur la réflexion des rayons X secondaires par des surfaces cristallines ont montré à l'auteur que, dans le spectre des rayons secondaires émis par le cuivre, le spectre linéaire l'emporte de beaucoup sur le spectre continu et, par conséquent, que ces rayons secondaires peuvent subir la réflexion d'une surface cristalline seulement sous des angles déterminés. Jusqu'à présent, il a pu déterminer les longueurs d'onde avec une approximation de 6 %. Dans ces limites, les longueurs obtenues par M. Glagolev sont identiques à celles données par M. Moseley pour les lignes α et β de Cu. — M. **A. Boutaric** : *Sur la vitesse de réduction du permanganate de potassium par l'acide oxalique.* L'auteur a suivi la marche de la réduction du permanganate de potassium par l'acide oxalique en mesurant au spectrophotomètre l'intensité transmise pour une radiation déterminée, comprise dans une région où l'absorption du permanganate commence à se faire sentir ($\lambda = 558\,\mu\mu$). Il a ainsi reconnu que le principe qui sert de base à la cinétique chimique ne s'applique pas à la réduction étudiée, ou du moins ne s'y applique que très exceptionnellement. Dans la plupart des cas, la vitesse de la réaction n'est pas proportionnelle à la quantité de permanganate qui subsiste en solution; elle part de zéro, croît, passe par un maximum, et décroît ensuite jusqu'à zéro. — M. **J. Wolff** et Mlle **N. Rouchelmann** : *Phénomènes d'oxydation et de réduction portant sur les chromogènes des végétaux.* M. Wolff avait observé que, sous l'influence oxydante de la laccase, le chromogène de la pomme donne naissance à un pigment qui peut être réduit par HI avec déplacement d'I. Les auteurs ont étendu cette observation à un grand nombre de végétaux qui ont été signalés comme renfermant des peroxydes par MM. Chodat et Bach. Il faut toujours que

l'action de la laccase précède le phénomène qu'on observe à l'aide du réactif ioduré.

2° Sciences naturelles. — M. **Ch. J. Gravier** : *Sur les phénomènes de réparation après mutilation chez les coraux des grandes profondeurs sous-marines.* L'auteur a observé de nombreux Madréporaires dragués dans les profondeurs de l'Atlantique et dont le squelette fragile avait été partiellement brisé soit par la chute de quelque corps lourd, soit par des animaux des grands fonds. Les phénomènes de réparation témoignent d'une surprenante plasticité; toutefois, il n'y a jamais retour à l'état primitif; la réparation demeure incomplète, sans régulation.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 25 Mai 1915

L'Académie adopte à l'unanimité le vœu qui termine le Rapport de M. Meillière sur l'utilisation de la farine de riz dans la fabrication du pain (voir p. 353). — M. **Ch. Achard** : *Sur l'asphyxie par les gaz toxiques des projectiles de guerre.* L'auteur signale un cas d'aggravation d'une plaie de la poitrine chez un soldat ayant inhalé des gaz asphyxiants. Cette intoxication respiratoire augmente la dyspnée, facilite l'hémoptysie et ouvre une porte nouvelle à l'infection. Il est très possible que les gaz produits par la déflagration des obus ordinaires à courte distance exercent aussi une action toxique. — M. **L. Tixier** : *Notes urologiques sur les malades atteints de gelures profondes des extrémités inférieures.* L'auteur a examiné les urines de nombreux soldats ayant eu les pieds gelés. Elles se caractérisent par la présence de cristaux de tyrosine ou de cystine, l'abaissement du rapport AzH^3 : urée, et la coloration du précipité obtenu avec le réactif de Millon, faits qui indiquent tous la présence d'acides amidés. Ceux-ci peuvent provenir soit de la désorganisation des tissus subissant la gangrène sèche, soit d'une diminution des oxydations intraorganiques.

Séance du 1er Juin 1915

MM. **Le Dentu et Devraigne** : *Protection du crâne contre les blessures de guerre par la calotte métallique.* On a constaté une augmentation considérable du nombre des blessures de tête en rapport avec le développement de la guerre de tranchées. Pour assurer aux soldats une protection contre ces sortes de blessures si fréquemment graves et mortelles, on leur a fait distribuer depuis quelque temps des calottes métalliques qui se placent sous le képi. Les premières observations recueillies montrent déjà l'efficacité de ces calottes. Les auteurs citent 55 cas de traumatismes de la tête ou de choc par des projectiles, parmi lesquels 42 sur des hommes n'ayant pas mis la calotte. De ces derniers, 23, c'est-à-dire à peu près 60 %, eurent des fractures du crâne auxquelles un grand nombre succombèrent; 19 n'eurent que des plaies du cuir chevelu. Sur les 13 qui avaient mis la calotte, 8 n'éprouvèrent que des accidents de commotion cérébrale plus ou moins accentuée, et aucun n'en mourut; 5 en furent quittes avec des plaies superficielles ou de simples éraflures; il n'y eut pas une seule fracture. Ces faits et d'autres sont péremptoires en faveur de la calotte, malgré son impopularité chez les soldats, qui lui reprochent son poids, son adaptation défectueuse au crâne et la chaleur qu'elle concentre sur la tête. — M. **J. Gautrelet** : *Les bases scientifiques de l'éducation des mutilés.* L'auteur montre la nécessité de mettre en œuvre dans l'enseignement professionnel donné aux mutilés et aux estropiés les principes d'organisation scientifique du travail tels que Taylor les a définis. Il faudra éviter le surmenage musculaire, certainement plus rapide chez cette catégorie d'individus, en établissant un rythme convenable de travail et de repos, et cela tout en réalisant le maximum économique. L'outillage du gaucher ne sera pas celui du droitier. Non seulement il y aura lieu d'éviter les attitudes vicieuses dont il serait difficile de débarrasser par la suite l'ouvrier, mais il s'agira de lui enseigner par le menu l'emploi judicieux qu'il devra faire de ses mouvements : les mouvements utiles devront seuls être opérés, et cela suivant une vitesse, un rythme adéquats au plus grand rendement. Enfin, il faudra sélectionner les hommes : avant que d'atteler un individu à la besogne, il sera sage d'en déterminer la capacité par des mesures physiologiques précises. On obtiendra ainsi la plus grande capacité de production de l'ouvrier mutilé, avec la plus large rémunération, tout en évitant le surmenage.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 29 Mai 1915

MM. **A. Distaso** et **J. Schiller** : *L'indican urinaire est d'origine intestinale.* Les rats soumis à un régime de pommes de terre cuites, qui donne une flore indologène formée presque exclusivement de *B. coli* et de ses alliés, font constamment une indicanurie tout à fait remarquable. Si à ce régime de pommes de terre on mélange 4 à 6 gr. de lactose ou de dextrine par jour, la flore intestinale se transforme après deux jours en une flore à *B. bifidus*, qui ne produit jamais d'indol. Au bout de 48 h., on ne trouve plus aucune trace d'indican dans les urines. — M. **Ed. Retterer** : *Striation des fibres-cellules du myométrium utérin.* L'auteur a reconnu qu'en dehors de l'état de gestation, les fibres-cellules de l'utérus féminin sont striées en long et en travers. Les fibres-cellules de l'utérus gravide présentent, comparativement à celles de l'utérus vide, les mêmes différences de structure que celles du myocarde du cheval comparées à celles du myocarde du cobaye. — M. **A. Besredka** : *Un coccobacille à espace clair pathogène pour l'homme.* En étudiant la flore microbienne des plaies anfractueuses produites surtout par les éclats d'obus, l'auteur a observé un coccobacille en navette à espace clair central, présentant les caractères suivants : aéro-anaérobie, ne prend pas le Gram, se développe dans tous les milieux, ne liquéfie pas la gélatine, ne coagule pas le lait, ne fermente pas le lactose; il est pathogène pour le cobaye et le lapin. Il peut être considéré comme une *Pasteurella* humaine. — MM. **J. Camus** et **P. Faidherbe** : *Mesure des angles articulaires et des muscles situés au-dessus et au-dessous des articulations.* Grâce au procédé de la baguette de plomb, on prend les contours de l'articulation et l'on transporte la baguette coudée sur un rapporteur d'angles, ce qui donne immédiatement la valeur de l'angle articulaire. De plus, la baguette de plomb présente en son milieu un point de repère coloré, qu'on applique sur un point fixe osseux (partie la plus saillante de l'olécrâne au sommet de la rotule). Au-dessus et au-dessous de ce point, deux rubans métriques, fixés sur la baguette de plomb en des points correspondant à la partie moyenne du bras ou de la cuisse, de l'avant-bras ou du mollet, permettent de mesurer les masses musculaires.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 7 Mai 1915

M. **E. H. Hall** : *Une explication possible du phénomène de Hall et du phénomène d'Ettingshausen.* Cette communication est une application, à la discussion des phénomènes susdits, de certaines idées qui sont exposées dans l'article déjà imprimé de l'auteur : *On Electric Conduction and Thermo-electric Action in Metals* [1]. Ces idées sont les suivantes : 1° Qu'il y a, entre les atomes d'un métal, des électrons assez libres pour agir à peu près en particules d'un gaz; 2° Que, d'un autre côté, la plus grande partie d'un courant électrique est soutenue

1. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, Vol. L, n° 4, July 1914.

par des électrons qui passent directement d'atome à atome du métal sans arriver à la condition des électrons libres ; 3° Qu'il y a un maximum définitif de la pression des électrons libres, fonction de la température du métal ; 4° Que la chaleur latente de dissociation des atomes neutres, pour former des électrons libres et des ions, est une quantité positive. L'argument de la présente communication est le suivant : Pour préciser un peu plus la proposition (2), il faut observer que les électrons en question doivent passer des atomes neutres aux ions, un atome neutre perdant un électron et devenant par là un ion, pendant qu'un ion gagne un électron et devient un atome neutre. Dans un métal à un potentiel uniforme, les mouvements thermiques des atomes neutres, et aussi ceux des ions, ne peuvent avoir aucune direction résultante; mais, dans un métal où le potentiel n'est pas uniforme, les mouvements thermiques des ions doivent avoir une résultante dans la direction d'abaissement du potentiel. Par conséquent, puisque le métal à tout prendre ne se meut pas, les atomes neutres doivent avoir un mouvement résultant dans la direction d'élévation du potentiel. Or, le mouvement résultant des ions constitue un courant positif dans la direction d'abaissement du potentiel, tandis que le mouvement résultant des atomes neutres ne constitue pas un courant. Dans un champ magnétique, les électrons libres qui marchent dans la direction d'élévation du potentiel par le métal, et aussi les ions, qui en somme oscillent dans la direction contraire, sont soumis à une influence qui tend à les porter dans la direction de la force pondéromotrice. Les électrons sont libres de voguer à travers le champ sous cette influence ; les ions, restreints mécaniquement dans certaines limites, doivent néanmoins souffrir une modification de leur mouvement résultant d'oscillation, et ce mouvement acquiert alors une composante dans la direction de la force pondéromotrice. Ce mouvement transversal des ions exige évidemment un mouvement transversal de retour des atomes neutres. Le mouvement transversal des électrons tend à produire un potentiel négatif du métal du côté vers lequel il est dirigé, c'est-à-dire l'effet de Hall, comme dans le nickel. Le mouvement transversal des ions tend à produire un effet de Hall de signe contraire, comme dans le fer. Mais ceci ne rend pas un compte complet des faits; en effet, étant donné que les électrons sont libres de se mouvoir à travers le métal tant qu'il y a une force qui tend à les porter, comment est-il possible d'avoir une condition permanente comme l'effet de Hall dans le fer? L'explication doit être que nous avons dans l'effet de Hall un état *d'équilibre mobile*. Des électrons voguent dans la condition libre à travers le champ dans la direction de la force pondéromotrice, mais ils sont entraînés en arrière comme parties des atomes neutres, dont l'oscillation transversale de retour vient d'être exposée. Cet état d'équilibre exige une action constante de dissociation des atomes, pour former des électrons libres et des ions dans cette partie du métal d'où la force transversale les emporte, et, d'un autre côté, il exige une action correspondante de réassociation dans cette partie vers laquelle les électrons libres sont portés. Or, la dissociation tend à refroidir la partie du métal où elle a lieu, tandis que la réassociation tend à échauffer sa partie. Ces deux actions donc peuvent produire le phénomène d'Ettingshausen, tel qu'il se trouve dans le nickel ou l'antimoine. Mais il y a des cas où le phénomène d'Ettingshausen est de signe contraire, comme par exemple dans le fer. L'explication de cette condition, où la partie du métal vers laquelle les électrons sont poussés devient froide, se trouve problablement dans une distribution inégale des vélocités des électrons libres. Les électrons les plus lents, c'est-à-dire les plus froids, en demeurant plus longtemps entre leurs collisions, ont plus d'occasions de céder à l'influence d'une force directrice que n'en ont les électrons plus chauds ; et par conséquent ceux-là prennent une partie relativement grande dans les phénomènes du courant électrique. Ce sont les électrons les plus froids qui sont emportés à travers le champ magnétique, et ils tendent à refroidir la partie du métal dans lequel ils sont poussés. — M. **A. Leduc** : *Les phénomènes de diffraction et le mouvement de la Terre.* Dans son mémoire classique sur l'influence du mouvement de la Terre sur les phénomènes optiques, Mascart considère le cas d'un réseau recevant d'un collimateur un faisceau normal et se déplaçant dans son plan perpendiculairement à ses traits avec une vitesse v; a désignant le rapport de v à la vitesse de la lumière, il écrit :

$$\sin \delta_1 = \sin \delta (1 + a \sin \delta),$$
$$\delta' = \delta_1 - a(1 - \cos \delta),$$

δ étant la déviation en l'absence de tout mouvement, δ_1 la déviation absolue avec mouvement, δ' la déviation apparente. On en déduit, en négligeant les termes du deuxième ordre :

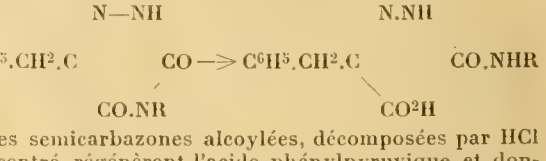
$$\sin \delta' = \sin \delta + a(1 - \cos \delta),$$

tandis que Mascart conclut que $\delta' = \delta$, c'est-à-dire que le mouvement de la Terre ne peut produire, ici comme ailleurs, aucun effet du premier ordre. Il ne semble pas d'ailleurs avoir cherché à le vérifier. M. A. Leduc a cherché vainement, avec le concours de M. Décombe, à déceler cet effet du premier ordre indiqué plus haut. La conclusion de Mascart reste donc entière, et c'est la formule qui est fausse. Cela tient à ce que les rayons issus par exemple du foyer du collimateur n'arrivent pas sur le plan du réseau en concordance de phase comme l'admet Mascart : l'onde fait avec ce plan l'angle a.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 14 Mai 1915

M. **J. Bougault** : *Sur les dioxytriazines. Méthode de synthèse de semicarbazides substituées en (4).* L'auteur, continuant l'étude des dioxytriazines, indique une méthode d'obtention des semicarbazides substituées en (4), au moyen des monoéthers de la benzyldioxytriazine. Lorsqu'on chauffe ces monoéthers (méthyl, éthyl, benzyl, etc.) avec une solution alcaline, il y a formation de semicarbazones alcoylées de l'acide phénylpyruvique :



Ces semicarbazones alcoylées, décomposées par HCl concentré, régénèrent l'acide phénylpyruvique et donnent, en outre, le chlorhydrate de la semicarbazide alcoylée en (4). M. Bougault a ainsi préparé la méthyl-, l'éthyl-, et la benzylsemicarbazide, fondant respectivement à 112°, au-dessus de 100° et à 111°. Elles sont très solubles dans l'eau et dans l'alcool, solubles également dans le chloroforme et très peu solubles dans l'éther. Elles semblent se comporter vis-à-vis des aldéhydes et des cétones comme la semicarbazide elle-même.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 29 Avril 1915

Sciences naturelles. — MM. **E. Beard** et **W. Cramer** : *Tension superficielle et action des ferments.* Les auteurs ont reconnu que l'action de l'invertase sur le sucre de canne est retardée lorsqu'on augmente la surface du système. Ce retard est dû en partie à un effet de concentration superficielle. — M. **W. Cramer** : *La tension superficielle envisagée comme facteur de contrôle du métabolisme cellulaire.* Les considérations de l'auteur sont basées sur le fait, démontré expérimentalement, que l'action des ferments est conditionnée par la tension superficielle (voir ci-dessus). Le grand développement superficiel de la cellule et de l'organisme

vivant doit donc produire des conditions qui affectent notablement l'action des ferments *in vivo* comparée à leur action *in vitro*. L'auteur montre comment la cellule peut, par le facteur de la tension superficielle, contrôler et régler son métabolisme. Il est donc possible de se faire une conception de l'organisation chimique de la cellule sans avoir recours à l'existence de membranes hypothétiques dans le cytoplasme qui entoureraient et sépareraient les différents systèmes chimiques. Enfin, si ces conceptions sont correctes, des substances fortement actives superficiellement peuvent, sans affecter chimiquement le protoplasma, exercer un effet profond sur le métabolisme de la cellule. Les substances narcotiques et cytolytiques réalisent ces conditions. — MM. **H. Hartridge** et **A. V. Hill** : *La transmission des rayons infra-rouges par les milieux de l'œil.* Les différentes structures de l'œil absorbent les rayons infra-rouges de différentes longueurs à peu près dans la même proportion qu'une couche d'eau équivalente. D'après les valeurs de l'absorption pour cent de l'eau aux diverses longueurs d'onde, on peut calculer la quantité de chaleur absorbée par la cornée, l'iris et le cristallin. La chaleur absorbée par ce dernier est trop faible pour que les modifications qui donnent naissance à la cataracte soient dues à une action directe. Cette affection peut être causée, comme l'a suggéré Parsons, par une altération de la nutrition du cristallin, provoquée par l'action des rayons calorifiques sur le corps ciliaire et l'iris. Des essais sur les verres de Crookes montrent qu'ils absorbent fortement les rayons calorifiques et jusqu'à un certain point l'ultra-violet.

Séance du 6 Mai 1915

1° Sciences mathématiques. — Mme **H. Ayrton** : *Différences locales de pression près d'un obstacle dans l'eau oscillante.* Quand l'eau s'approche du niveau moyen, une diminution de pression, ou vide partiel, se crée à l'arrière de l'obstacle. Quand l'eau s'éloigne du niveau moyen, la diminution de pression continue à s'accroître sur le côté arrière, mais sur la partie inférieure il y a une pression dans la direction opposée au courant principal. Le jet dans la première partie de l'oscillation est dû au courant local créé par la différence locale de pression; le vortex dans la seconde partie de l'oscillation est dû à la conjonction du courant principal avec le courant local opposé produit par la différence de pression locale.

2° Sciences physiques. — M. **R. J. Strutt** : *Observations sur les radiations de fluorescence et de résonance de la vapeur de sodium.* Voici un aperçu des résultats de l'auteur : 1° Les centres émettant la radiation de résonance de la vapeur de sodium excitée par les lignes D ne sont pas assez persistants pour être transportés quand la vapeur est distillée loin du lieu d'excitation. Ce résultat est extraordinaire, car il contraste absolument avec la façon dont se comportent la vapeur de sodium excitée électriquement et la vapeur de mercure excitée optiquement (radiation de résonance 2.536) ou électriquement. 2° On ne peut observer la radiation de résonance du sodium même à travers une couche diluée de vapeur de sodium placée devant elle — couche presque transparente à la lumière blanche. Cela explique pourquoi la tache de résonance superficielle produite sur la paroi d'un globe de verre ne peut être aperçue que par devant, quand la lumière arrive à l'œil sans traverser la vapeur de sodium. 3° L'intensité de la radiation de résonance de la vapeur de sodium varie quand la vapeur est placée dans un champ magnétique. Si la flamme excitante est faiblement salée, la radiation diminue quand la force du champ augmente; si la flamme excitante est fortement salée, la radiation augmente jusqu'à un maximum et diminue ensuite. 4° On peut également observer une variation d'intensité de la radiation de résonance quand la flamme excitante est placée dans le champ magnétique; dans ce cas, une flamme faible donne une radiation diminuée dans le champ, tandis qu'une flamme forte donne une radiation augmentée. 5° Ces derniers faits peuvent s'expliquer qualitativement et quantitativement en considérant la résolution des lignes D par Zeeman et la largeur et la structure observées de ces lignes quand elles sont émises par les flammes employées.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 12 Mai 1915

M. **E. H. Rayner** : *Mesures de résistance précises avec des appareils simples.* L'auteur décrit les méthodes qu'il emploie pour comparer des résistances avec une exactitude de 1/10.000° ou supérieure en se servant d'appareils simples communs dans les laboratoires ou très faciles à construire sans un personnel spécial. Ainsi il compare des résistances nominalement égales de 1 ohm et au-dessus par la méthode usuelle qui consiste à shunter un côté d'un quadrilatère presque en équilibre par une forte résistance. Il montre le grand avantage de posséder des résistances capables de conduire des courants relativement forts, spécialement pour mesurer les changements de résistance des appareils commerciaux dans les conditions de travail. Si l'on ne peut disposer d'un voltage de courant continu suffisant pour l'essai d'appareils comme les diviseurs à haut potentiel, on peut, en employant un courant continu suffisant pour assurer la sensibilité, produire le chauffage par un courant alternatif superposé.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section de Londres

Séance du 3 Mai 1915

M. **H. P. Stevens** : *La fonction de la litharge dans le processus de la vulcanisation.* On trouve de la litharge dans un assez grand nombre d'objets en caoutchouc, en particulier les chaussures. Quel est son rôle? D'après les recherches de l'auteur, l'addition de litharge en quantités modérées au caoutchouc brut augmente le coefficient de vulcanisation; le coefficient maximum est obtenu par le mélange dans lequel il y a juste assez de soufre pour transformer tout le caoutchouc et pour convertir l'ensemble de la litharge en sulfure et en sulfate. Des proportions croissantes de litharge causent une réduction progressive du coefficient de vulcanisation, avec production d'une plus grande quantité de sulfure et de sulfate de plomb; même alors il reste du soufre libre.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 28 Novembre 1914

1° Sciences mathématiques. — M. **Jan de Vries** : *Nombres caractéristiques pour des réseaux de courbes algébriques.*

2° Sciences physiques. — M. **H. du Bois** : *La généralité de l'effet Zeeman par rapport à l'effet Stark dans les rayons-canaux.* L'auteur examine l'influence d'un champ électrostatique sur les raies d'absorption du rubis et du nitrate de néodyme hexahydraté. Quoiqu'un déplacement de 0,005 $\mu\mu$ eût pu être constaté, un champ d'environ 700 unités électrostatiques était sans influence apparente.

3° Sciences naturelles. — M. **J. K. A. Wertheim Salomonson** : *Etudes graphiques de l'augmentation des réflexes profonds.* Résultats obtenus en enregistrant les mouvements réflexes du genou, pathologiquement intensifiés par des affections nerveuses. — M. **C. Winkler**: *Sur un cas d'obturation de l'artère cérébrale postéro-inférieure.* Description des troubles observés chez un

patient atteint d'obturation de l'artère cérébrale postéro-inférieure et de ramollissement de la région latéro-dorsale de la moitié gauche de la moelle allongée. — MM. Max Weber et L. Bolk présentent un travail de M. **K. Kuiper Jr.** : *La physiologie de la vessie natatoire des poissons.* La vessie doit être considérée comme organe hydrostatique, dont le poisson peut activement modifier le volume. Expériences sur les gaz de la vessie et leur régénération.

Séance du 30 Décembre 1914

1° Sciences mathématiques. — M. **Jan de Vries** : *Nombres caractéristiques pour un système triplement infini de courbes algébriques planes.*

2° Sciences physiques. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **J. Droste** : *Sur le champ d'un centre unique dans la théorie de la gravitation d'Einstein.* Le calcul d'un champ de gravitation est incomparablement plus difficile dans la nouvelle théorie que dans celle de Newton ; on ne l'effectue plus par une simple intégration. Dans le cas de champs peu intenses, on peut opérer par approximations successives; le problème se ramène alors à la résolution d'équations de Poisson. L'auteur applique au cas d'un centre de force unique le procédé de calcul appliqué par Lorentz au cas d'une masse sphérique fluide, incompressible. — MM. J. D. van der Waals et A. F. Holleman présentent un travail de M. **F. E. C. Scheffer** : *Sur les équilibres gazeux et le contrôle de la formule de M. van der Waals Jr.* II. Application de la théorie aux équilibres de dissociation de l'iode, et des acides chlorhydrique, bromhydrique et iodhydrique. Les calculs fournissent pour les moments d'inertie des molécules des valeurs concordant avec celles qui se déduisent des moyens diamètres moléculaires. Cette conclusion est d'accord avec la formule de M. van der Waals Jr., dans laquelle on tient compte des vibrations des atomes. — MM. H. du Bois et H. A. Lorentz présentent une note de M. **W. J. de Haas** : *Une remarque sur le coefficient de Hall pour le tellure.* — MM. **H. Kamerlingh Onnes, C. Dorsman et G. Holst** : *Isothermes de gaz diatomiques et de leurs mélanges binaires. XV. Tensions de vapeur et point critique de l'oxygène et de l'azote.* Pour l'oxygène $T_c = 154^\circ,25$ K., $p_c = 49,713$ atm.; pour l'azote T_c 125°,96° K. et $p_c = 33,490$ atm. Le coefficient critique $\frac{RT_c}{p_c v_c}$ a pour l'oxygène la valeur 3,419, analogue à celle trouvée pour d'autres substances normales. — MM. **E. Mathias, H. Kamerlingh Onnes et C. A. Crommelin** : *Le diamètre rectiligne de l'azote* : L'équation de ce diamètre est $D = 0,022904 - 0,0019577\, t$, d'où se déduit, pour la température critique $t = -147,^\circ13$, la densité critique $\rho_{cd} = 0,31096$ et le coefficient critique 3,421. — MM. H. Kamerlingh Onnes et J. P. Kuenen présentent un travail de M. **C. A. Crommelin** : *Isothermes de substances diatomiques et de leurs mélanges binaires. XVI. Tensions de vapeur de l'azote entre son point critique et son point d'ébullition.* — M. **J. P. Kuenen** : *Sur la mesure de la pression dans une bulle de savon.* Lorsqu'on mesure cette pression au moyen d'un manomètre ouvert, il peut arriver que la mesure devienne impossible parce que l'équilibre devient instable. L'auteur donne la théorie du phénomène. — MM. **Ernst Cohen et G. de Bruin** : *La métastabilité de notre monde métallique comme conséquence de l'allotropie et sa signification pour la chimie, la physique et les sciences techniques.* III. Recherches sur la chaleur spécifique du sodium, prouvant que ce métal est énantiotrope et présente vers 75° un point de transformation. Le sodium ordinaire est un système métastable, formé de deux modifications, que l'on peut obtenir séparément en fondant le métal et en le refroidissant ensuite, soit lentement, soit rapidement. La chaleur spécifique du sodium ordinaire est fonction de sa préhistoire thermique. D'une façon générale les soi-disant « constantes » physiques et mécaniques des métaux solides ne sont que des grandeurs accidentelles. — MM. J. D. van der Waals et A. F. Holleman présentent deux travaux de MM. **A. Smits** et **S. C. Bokhorst** : *Sur les courbes de tension de vapeur du système phosphore.* III, et *Nouveaux détails sur le système phosphore.* Recherches prouvant qu'il n'y a qu'une seule modification stable du phosphore, violette à l'état cristallin, rouge à l'état pulvérulent; les auteurs proposent de l'appeler phosphore violet. Son point triple est à 589°,5 C. et 43,1 atm. Ce phosphore violet n'est pas un corps simple; c'est un état d'équilibre de deux pseudo-composants, de volatilités très différentes. En représentant graphiquement $\ln p$ en fonction de T (p = tension de vapeur, T = température absolue), on obtient une ligne droite; cela signifie que la chaleur de sublimation du phosphore violet est sensiblement constante. Elle est égale à 25,8 cal. par mol. gr.; la chaleur de fusion par mol. gr. est 15,9 cal. — MM. A. F. Holleman et J. D. van der Waals présentent un travail de M. **C. H. Sluiter** : *L'influence de l'hydratation et des écarts des lois des gaz parfaits dans les solutions aqueuses de sels sur les points de solidification et d'ébullition.* Détermination du coefficient d'irrationnalité de van t Hoff pour divers sels (NaCl, KCl, $Mg\,Cl^2$, $CaCl^2$), à diverses concentrations et diverses températures, par la mesure de la conductibilité électrique et l'observation du point de congélation et du point d'ébullition. Les deux procédés ne donnent des résultats concordants que pour des solutions très diluées; à mesure que la concentration augmente, les écarts deviennent plus grands, ce que l'auteur attribue à l'influence de l'eau d'hydratation sur les variations moléculaires des points de congélation et d'ébullition et aux écarts que la pression osmotique présente avec les lois des gaz parfaits. — M. **P. van Romburgh** et Mlle **D. W. Wensink** : *Sur l'action de l'ammoniac et de la méthylamine sur la 2 : 3 : 4 — trinitrodiméthylaniline.* — M. **A. F. Holleman** : *Le pouvoir de substitution des substituants dans les dérivés du benzène.* Etude des pouvoirs de substitution du chlore dans les trois chloronitrobenzènes et les 6 nitrodichlorobenzènes par OCH^3 et $N(C^2H^5)^2$.

3° Sciences naturelles. — MM. L. Bolk et C. Winkler présentent un travail de M. **H. A. Vermeulen** : *Sur l'aréal du vagus chez les Camélides.* Description des résultats fournis par l'observation de nombreuses coupes, faites dans le tronc cérébral d'un chameau (*Camelus bactrianus*) et d'un lama (*Auchenia lama*). — M. **J. Boeke** : *Sur la relation entre la terminaison nerveuse et la cellule musculaire lisse, dans ses rapports avec l'innervation accessoire (autonome) des muscles striés.* Pour les cellules musculaires lisses aussi bien que pour les fibres musculaires striées, la fibre nerveuse pénètre dans le protoplasme de l'élément musculaire, s'y termine sous forme de fins filets pédiculés et est en communication avec un réseau intraprotoplasmique, le filet périterminal. — M. **J. Boeke** : *Sur la relation entre les fibres musculaires et les fibres des tendons dans les muscles striés des Vertébrés.* A propos de la controverse qui a eu lieu au sujet de cette relation, l'auteur a pu constater que l'observation de Schultze est exacte, mais que son interprétation est erronée. Il n'existe pas de continuité directe, dans le sens de Schultze, entre les fibrilles des muscles et des tendons.

J.-E. V.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 13 15 JUILLET 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Météorologie

Une nouvelle méthode pour la fixation des variations de climat aux époques antérieures. — Un savant américain, M. Douglas, vient de proposer une nouvelle méthode pour l'étude des variations climatiques et de leur périodicité aux siècles passés[1]. Il part du fait que les anneaux annuels des arbres en état de croissance ont une épaisseur différente suivant l'humidité des années où ils se sont produits; on peut donc, d'après cette épaisseur, tirer pour une longue série d'années des conclusions sur la hauteur relative des précipitations à diverses périodes.

Des mesures ont été entreprises par M. Douglas sur 25 troncs de pins de l'Arizona dont l'âge moyen était de 348 ans, et dont deux avaient atteint 520 ans. L'épaisseur de chaque anneau annuel était déterminée en millimètres le long d'un rayon typique d'une coupe transversale du tronc. Plus de 10.000 mesures ont été faites, d'où l'auteur conclut à l'existence des *cycles climatiques* suivants:

1° Une période d'environ 33 ans, identique avec la période de Bruckner. Depuis 1730, se manifeste une période marquée de 33, 8 années, dont le dernier point culminant est tombé en 1900. Si l'on compense les courbes, en prenant ensemble 20 années consécutives, une période beaucoup plus longue apparaît, avec des points culminants en 1400, 1560, 1710 et 1865.

2° Une période d'environ 21 ans, avec son dernier apogée en 1892. Cette pulsation est très marquée de 1410 à 1520, moins dans les cent années qui suivent, puis de nouveau très marquée et très régulière depuis 1610. Antérieurement, Lockyer et Russell avaient déjà établi une période de 19 ans dans les moyennes de pression atmosphérique de l'Australie et de l'Amérique du sud.

3° Un cycle de 11 ans environ, très distinct dans toutes les parties de la courbe de 500 années. La durée la plus vraisemblable de cette période est de 11,4 années; elle coïncide donc très étroitement avec la période des taches solaires. La courbe n'est pas identique dans tout l'intervalle étudié: elle présente deux maxima et deux minima de 1400 à 1670; de là à 1790, la courbe s'aplatit et a un caractère moins cyclique; puis jusqu'à l'époque actuelle il y a de nouveau deux minima, le premier plus prononcé. Une série de mesures entreprises sur 13 coupes de troncs de pin sylvestre à Eberswalde ont donné également des rapports frappants entre la croissance des arbres et la variation des taches solaires.

1. *Bull. of the Amer. Geograph. Soc.*, mai 1914.

§ 2. — Art de l'Ingénieur

Une nouvelle théorie des fours à flamme. — M. W. E. Groum-Grjimailo, professeur à l'Institut Polytechnique de Petrograd, vient de proposer une nouvelle théorie des fours à flamme, basée sur les lois de l'Hydraulique, qui ouvre des horizons tout nouveaux sur un problème industriel de la plus haute importance. Voici comment la *Revue de Métallurgie* (n° de mars 1915) présente la question à ses lecteurs:

Nous voyons les gaz remplir complètement, en raison de leur élasticité absolue, les vases qui les renferment. Et par une induction inconsciente, mais inexacte, nous en concluons que, dans leur circulation à travers une série d'enceintes successives, ils traversent également tous les points des espaces qui leur sont offerts et balayent uniformément par leur courant tous les passages qu'ils trouvent ouverts devant eux. Peut-être ne formulons-nous pas d'une façon aussi précise ce principe erroné; du moins nous agissons le plus souvent comme si nous y croyions fermement. Et cela entraîne, dans la construction des fours, des erreurs très graves dont M. Groum-Grjimailo signale de nombreux exemples.

Une comparaison fera comprendre comment les choses se passent en réalité. Voyons un fleuve qui coule dans son lit: il s'appuie sur le sol, limité de ce côté par les surfaces naturelles du terrain. A la partie supérieure, il est séparé de l'atmosphère par un plan horizontal dont la position n'est pas déterminée et varie avec le débit du cours d'eau. Or les gaz chauds dans un

four tendent à circuler exactement de la même façon, avec la seule différence que le plan de séparation est inférieur et que le profil du lit est celui de la voûte du four. Faute de s'en rendre compte, on se figure souvent que la flamme remplit un four et le chauffe uniformément, quand en réalité elle circule seulement au sommet sans prendre aucun contact avec les matières placées sur la sole. L'utilisation de la chaleur est alors déplorable : le fleuve de feu qui s'écoule contre la voûte emporte toute sa chaleur à la cheminée.

Ce fait tient à ce que, par suite du coefficient élevé de dilatation des gaz, l'échauffement diminue très rapidement leur densité : aussi l'équilibre hydrostatique des différentes couches de gaz, qui possèdent des températures différentes, s'accomplit avec une extrême rapidité, et la chaleur se concentre au sommet du four. Si la cheminée d'évacuation des fumées est placée au sommet de la voûte du four, la majeure partie de la chaleur sera perdue. Il faut, pour éviter cet inconvénient, employer le chauffage à flamme renversée, qui est depuis longtemps d'un usage courant dans la fabrication de la porcelaine et de la faïence, mais est ignoré dans beaucoup d'autres industries.

Par de nombreux exemples, M. Groum-Grjimailo montre que peut-être une fois sur deux les fours destinés au chauffage à température élevée sont disposés de façon à permettre aux courants de gaz chauds de s'isoler dans l'enceinte du four et de ne donner ainsi qu'une très mauvaise utilisation de la chaleur du combustible.

La formation, dans les fours, de ces fleuves de gaz chauds présente encore d'autres inconvénients : elle s'oppose dans bien des cas à l'achèvement de la combustion. Au-dessus d'un foyer à grille, il y a des courants parallèles de gaz renfermant un excès d'oxygène ou un excès de gaz combustibles ; il leur faut, pour achever de brûler, être mêlés à une température très élevée pour pouvoir encore réagir. Dans les chaudières à vapeur, on met ainsi une voûte réfractaire au-dessus du foyer. Mais, si elle ne forme pas une cloche renversée où les gaz chauds peuvent s'accumuler et séjourner quelque temps, le passage des gaz non brûlés est trop rapide et l'effet de la chambre est illusoire.

M. Groum-Grjimailo cite de nombreux exemples analogues ; ses judicieuses remarques provoqueront sans doute des perfectionnements importants dans l'art du chauffage.

§ 3. — Physique

Principe d'un nouveau récepteur visuel de phototélégraphie. — On sait depuis quelque temps déjà que, dans les tubes à soupape de Wehnelt, l'anode devient lumineuse lorsque la chute de voltage dans l'appareil dépasse une certaine valeur. Cette luminosité augmente si l'aluminium n'est pas pur : ainsi, un alliage d'aluminium contenant jusqu'à 10 % d'un métal n'ayant par lui-même aucun effet de soupape, comme le cuivre, l'étain, donne une lueur bien plus vive.

Mais la plupart des alliages se corrodent rapidement, d'où résulte une diminution rapide du voltage et l'extinction de la luminosité. L'alliage marchand vendu sous le nom de « duralumin », qui ne contient ni étain ni zinc, mais de 3,5 à 5,5 % de cuivre, 0,5 % de magnésium et une faible quantité de manganèse, présente, laminé ou étiré, les mêmes inconvénients que les autres avec les électrolytes ordinaires, mais donne une luminosité bien supérieure. Après de nombreux essais, M. Walter[1] a trouvé deux électrolytes ne l'attaquant pas, à savoir le tungstate et le molybdate de sodium.

Comme la cuve électrolytique s'encrasse vite, M. Walter a eu l'idée de la supprimer en réduisant le liquide à une mince couche humectant l'anode. Un morceau de crêpe de Chine tendu sur cette dernière, et sur lequel le liquide s'écoule, suffit à entretenir l'humidité de l'anode ; une pompe centrifuge électrique établit la circulation ininterrompue de l'électrolyte.

Mais ce principe de construction permet alors de concevoir un dispositif dans lequel l'anode est constituée d'un plus ou moins grand nombre d'éléments enchâssés dans une plaque d'ébonite, le courant arrivant par la face arrière de cette plaque sur chacun des éléments. On réalise de la sorte un récepteur visuel de phototélégraphie et même de télectroscopie. Dans un appareil primitif construit par M. Walter, 5.500 éléments lumineux, à connexions électriques indépendantes, ont pu ainsi être groupés dans un cadre à peine plus grand qu'un châssis photographique, ce qui fait plus de 2.340 par décimètre carré.

Ce dispositif, pense M. Walter, est susceptible d'applications multiples et des expériences ont été faites en vue de la reproduction des photographies. Il fournit un nouveau moyen de réaliser dans un cadre restreint un nombre à peu près illimité d'éléments de surface lumineux, sur lesquels on peut agir individuellement, avec extinction et allumage répétés des centaines de fois par seconde et dont le degré de luminosité peut être gradué par le voltage que l'on applique.

La tension superficielle des corps amorphes. — M. B. Berggren[1] a fait récemment quelques recherches sur ce sujet encore peu étudié. Après avoir reconnu que les métaux ne se prêtent pas à ce genre d'expériences, il les a poursuivies sur le verre, la poix, la colophane et le copal. Il prépare d'abord des fils de ces substances : pour le verre en l'étirant à l'état pâteux, pour les autres en plongeant une baguette de verre pointue dans la substance fondue et en la retirant verticalement. Suivant la température et la vitesse, on obtient ainsi des fils de différents diamètres.

Les fils, fixés verticalement par un dispositif approprié, sont placés avec un petit thermomètre dans un tube entouré d'un fil métallique traversé par un courant. Sous l'influence du chauffage électrique, un fil d'une longueur suffisante s'allonge progressivement sous son propre poids. Si l'on raccourcit le fil petit à petit, la vitesse d'allongement devient de plus en plus faible et finalement nulle. Un nouveau raccourcissement fait entrer en jeu l'action de la tension superficielle, et il se produit un raccourcissement. Ainsi un fil de poix peut être amené par rétraction à l'état de petite perle.

L'auteur a établi des équations qui donnent la tension superficielle et la cohésion spécifique d'après la vitesse de déformation mesurée. On constate toutefois que l'exactitude de la méthode est diminuée par une action élastique résiduelle, qui produit une élévation de la tension superficielle. Toutefois, les tensions superficielles des corps solides sont du même ordre de grandeur que pour les liquides vrais.

L'utilisation de la lampe au tungstène à atmosphère d'azote en photographie. — Les sources usuelles de lumière artificielle pour la photographie sont actuellement l'arc, généralement dans un globe clos, et les lampes à vapeur de mercure en tubes de quartz ou de verre. M. W. Woege[2] vient de rechercher s'il ne serait pas possible de leur substituer avec avantage la nouvelle lampe à fil de tungstène remplie d'azote due à M. Langmuir[3].

Cette lampe, dans les conditions ordinaires, est inférieure comme production lumineuse à la lampe en quartz à vapeur de mercure ; mais si, au lieu d'employer un voltage normal de 12 volts, on survolte de 30 % la lampe au tungstène à atmosphère d'azote, on voit la

1. *Proceed. of the Royal Society*, A, t. XC, 28 mai 1914.

1. *Annalen der Physik*, t. IX, p. 2.
2. *Zeitschr. fur Beleuchtungswesen*, mars 1915.
3. *Rev. gén. des Sciences* du 15 nov. 1913, p. 787.

puissance en bougies s'élever à 250 % et la puissance actinique encore davantage, l'intensité des radiations bleues et violettes du spectre s'accroissant notablement plus que celle des radiations rouges.

La durée de la lampe est naturellement réduite par le survoltage; cependant, on peut compter sur une vie moyenne de 40 à 50 heures, ce qui est bien suffisant étant donné que la durée d'exposition pour une photographie ne dépasse pas 10 secondes.

Par suite de sa grande facilité de maniement, M. Woege estime que la lampe au tungstène à atmosphère d'azote rendra de grands services dans les ateliers photographiques. Ceux-ci disposant généralement de courant à 110 volts, on pourrait utiliser des lampes construites pour 85 volts, qu'on emploierait avec une petite résistance en série.

§ 4. — Chimie

La fabrication industrielle et les emplois du fer électrolytique. — Depuis fort longtemps, on a cherché à réaliser la fabrication industrielle du fer par électrolyse; mais c'est à une époque toute récente que la solution complète du problème a été obtenue par une entreprise française, la Société « Le Fer », à Grenoble. Voici quelques renseignements sur cette intéressante fabrication, empruntés à une étude que vient de publier M. L. Guillet [1] :

Le principe des brevets de la Société est l'emploi d'une cathode tournante et d'une solution neutre de sels ferreux maintenus à l'état neutre par circulation du liquide sur de la tournure de fer. De plus, le bain reçoit des additions périodiques d'un dépolarisant, tel que l'oxyde de fer, qui a pour but d'éliminer, au moins en partie, l'hydrogène qui se dépose sur la cathode et qui nuit au dépôt lorsqu'il est en trop grande quantité. Grâce à ce dispositif spécial, on peut travailler à une forte densité de courant (1.000 ampères au m^2) et on obtient un fer d'excellente qualité.

En partant d'une fonte quelconque, contenant par exemple 2,35 % de C, 1,31 % de Si, 0,07 % de S et 1,07 % de P, on arrive à un fer qui ne renferme plus que 0,004 % de C, 0,007 % de Si, 0,006 % de S et 0,008 % de P.

Toutefois le métal qui se dépose est extrêmement fragile et dur, de par l'hydrogène occlus et l'écrouissage qu'il a subi. L'examen micrographique met en évidence une structure tout à fait caractéristique : des aiguilles extrêmement nombreuses et fines qui rappellent beaucoup la martensite.

Pour pouvoir l'utiliser, il faut donc le soumettre à un recuit. Celui-ci s'effectue le mieux par chauffage de 2 heures dans la magnésie à 900°. Après ce traitement, la structure micrographique est devenue absolument normale, et le métal peut être soumis à des déformations extraordinaires sans faire apparaître aucune crique au point des essais à la pression.

Les emplois industriels du fer électrolytique peuvent être classés en trois catégories principales :

1° *La fabrication directe des tubes.* On sait que toutes les méthodes actuellement utilisées pour la fabrication des tubes offrent des difficultés en quelque sorte insurmontables lorsqu'on veut obtenir des épaisseurs régulières inférieures à 6 mm.; les produits obtenus offrent, d'une façon générale, une épaisseur qui est loin d'être constante.

Avec le procédé électrolytique, on peut obtenir la régularité la plus satisfaisante, quelle que soit l'épaisseur, quels que soient le diamètre et la longueur du tube. Il suffit, en effet, de faire déposer le fer sur un mandrin métallique de dimensions convenables; le tout est soumis ensuite au recuit, puis le métal démandriné. Les usines de MM. Bouchayer et Viallet fabriquent actuellement d'après ce procédé des tubes ayant une longueur de 4 m., un diamètre de 100 à 200 mm. et une épaisseur de 0,1 à 6 mm. Ces tubes résistent à des pressions considérables.

2° *La fabrication directe des tôles.* Les tôles en fer électrolytique présentent naturellement une grande régularité sans laminage ; le métal, de première qualité, peut supporter de très grandes déformations à froid : d'où des emplois très importants dans l'emboutissage, aussi bien sur la tôle recuite que sur la tôle étamée.

Enfin, la pureté du produit attire tout particulièrement l'attention sur l'emploi de ces tôles dans la construction électrique. M. Breslauer a montré, en effet, que l'emploi du fer électrolytique dans les machines électriques constitue un réel progrès au point de vue de la perméabilité. Pour les transformateurs, l'utilisation de la matière en poids est de 33 à 40 fois plus grande; pour les moteurs alternatifs, la capacité de puissance est de 50 % en plus à égalité d'encombrement et de température; pour les machines à courant continu, on peut gagner 16 % du poids du fer actif.

3° *Le fer électrolytique matière première pour fusion.* Il ne semble pas douteux que le fer électrolytique pourra lutter avec avantage contre le fer de Suède.

Au point de vue de la qualité, la régularité est beaucoup plus grande; au point de vue de la forme et de la division possible, le métal brut, qui est très cassant, est très facile à débiter en morceaux aussi faibles qu'on le désire. La cémentation sera plus régulière que dans les produits actuellement utilisés.

Des essais déjà faits dans plusieurs aciéries ont montré que l'emploi du fer électrolytique pour la fabrication des outils et des aciers spéciaux donne des résultats au moins égaux à ceux qu'on obtient avec le fer de Suède.

Le prix de revient du fer électrolytique semble être de 200 à 220 francs par tonne de métal brut.

§ 5. — Géologie

Les gisements de sels potassiques de l'Espagne. — Nous avons signalé, dans le supplément du numéro de la *Revue* du 15 février dernier, la découverte en Espagne de gisements importants de sels potassiques, analogues à ceux de Stassfurt et d'Alsace. Le mérite de cette découverte revient à deux entrepreneurs, MM. Macary et Viader, qui, ayant sollicité une concession de sel gemme à Suria (province de Barcelone), rencontrèrent, au cours des travaux d'exploitation, le premier gisement de sel potassique qui ait été signalé en Espagne.

Cette importante constatation fut le point de départ d'un grand nombre d'autres recherches, actuellement en cours. On assiste à une véritable « fièvre minière », et la concession de milliers d'hectares de terrains a été demandée dans l'espoir d'y rencontrer des sels de potasse. Après la découverte de Suria, l'attention des mineurs se porta immédiatement sur le superbe et classique gisement de sel gemme de Cardona, et, en effet, à la suite de sondages effectués avec soin, des sels potassiques apparurent dans cette localité. De nombreux autres sondages ont été pratiqués en différents points de la Catalogne et de l'Aragon, mais ils sont généralement entourés de tels secrets qu'il est difficile de se procurer des échantillons des substances extraites.

Toutefois, M. Juan Calafat y Leon [1] est parvenu à obtenir, pour le Musée de la Société royale espagnole d'Histoire naturelle, quelques spécimens dont il a pu faire l'analyse.

Les cristaux compacts extraits du gisement de Suria ont la composition d'un chlorure double de potassium et de magnésie avec de très légères impuretés; ils sont donc constitués par de la *carnallite*, tout à fait identique à celle de Stassfurt. Les masses cristallines bigarrées

1. *Revue de Métallurgie*, t. XII, n° 2, p. 81 ; février 1915 (paru en juin).

1. *Boletin de la Real Soc. espanola de Historia natural*, t. XV, n° 5, pp. 252-255; mai 1915.

extraites des mines de Cardona ont la composition du chlorure de potassium, avec des traces d'acide sulfurique, de chaux et de magnésie; elles correspondent donc à la *sylvine*. C'est la première fois que l'on signale l'existence de ces deux minéraux en Espagne.

D'autres échantillons provenant de sondages de la province de Saragosse ont : l'un la composition du sel gemme, sans quantités appréciables de sels de potasse; d'autres celle de la kiesérite, un sulfate de magnésie avec de petites quantités de chlore; la présence de cette dernière est intéressante, par suite des relations de voisinage qui existent généralement entre les sels magnésiens et les sels potassiques.

Voici, d'autre part, les conclusions du Rapport présenté par deux ingénieurs des Mines, MM. A. Marin et C. Rubio, chargés par le Gouvernement espagnol d'une enquête sur les gisements de sels de potasse :

Le gisement mère des sels potassiques de Catalogne doit s'être formé à la fin de l'Eocène et au commencement de l'Oligocène. Il doit exister diverses zones d'enrichissement en connexion avec les anticlinaux de la région, principalement avec leurs branches méridionales quand elles sont affectées de quelque faille.

Une de ces zones de concentration est celle de Suria, dans laquelle abondent les sels de potasse de seconde formation.

La saline de Cardona a été sans doute un gisement analogue; encore aujourd'hui ses eaux accusent de grandes quantités de potasse, et l'on rencontre, dans la région du sel rouge, quelques blocs de sylvine. C'est peut-être un gisement potassique, soumis à un lavage constant qui l'appauvrit dans la partie visible.

Il y a lieu d'explorer par des sondages, et avec de grandes probabilités de succès, les anticlinaux de Cardona, de Suria et de Callùs, en se guidant sur les sources qui renferment de la potasse.

L'état actuel des travaux à Suria est trop peu avancé pour qu'on puisse se faire une idée exacte de la richesse du gisement. Si une prospection bien ordonnée en confirme l'étendue, celui-ci acquerra une importance considérable pour l'agriculture et l'industrie espagnoles.

L'origine des récifs coralliens. — M. W. M. Davis, professeur de Géographie et de Géologie à l'Université de Harvard, a consacré une grande partie de l'année dernière à la visite d'un certain nombre d'îles de l'océan Pacifique, dans le but de mettre à l'épreuve les différentes théories qui ont été proposées pour expliquer l'origine des récifs coralliens [1].

Ces théories peuvent être divisées en deux groupes. Celles du premier groupe, au nombre de six ou sept, postulent une relation fixe entre la terre et la mer pendant le développement des récifs; les deux théories du second groupe supposent un changement dans le niveau relatif de la terre et de la mer durant ce développement.

Pour tous les récifs coralliens visités par l'auteur, aucune des théories du premier groupe ne peut être acceptée. Des deux théories du second groupe, celle de Daly, dite du « contrôle glaciaire », ne paraît pas davantage en rapport avec les faits observés. Il reste la vieille et simple théorie de la submersion et de l'émersion de Darwin, d'après laquelle le fond de l'océan s'abaissant lentement, les îles océaniques s'enfoncent graduellement, diminuent d'étendue et éventuellement disparaissent, tandis que les récifs qui les bordent s'accroissent verticalement et se transforment en barrières de récifs et en atolls.

Cette théorie donne, de beaucoup, l'explication la plus satisfaisante de toutes les barrières de récifs et de tous les atolls visités par M. Davis dans le Pacifique.

Le récif élevé situé le long de la côte sud de l'île Oahu (Hawaï) a été formé pendant ou après une période sub-récente d'affaissement, car ses calcaires présentent des vallées d'érosion bien définies.

Le groupe des îles Fiji a subi des mouvements variés d'affaissement et de soulèvement, qui ont affecté différemment la plupart des îles. Le soulèvement a eu lieu à diverses époques, car plusieurs des récifs élevés sont disséqués profondément, d'autres très peu, et quelques-uns restent au niveau de la mer. Les récifs soulevés semblent reposer sans conformité sur des centres volcaniques érodés sub-aériennement, car ces centres doivent avoir été au-dessus du niveau de l'eau pour subir l'érosion; ils ont dû s'abaisser ensuite pour recevoir les dépôts coralliens, puis toute la masse a été de nouveau soulevée pour mettre à jour les récifs. Dans une île (Vanua Mbalavu), le récif soulevé a été profondément disséqué et en partie submergé, comme l'indiquent ses bords coupés de baies, et une nouvelle barrière de récifs a poussé sur lui. Ainsi tous les récifs des îles Fiji, ceux qui sont aujourd'hui soulevés comme ceux qui sont au niveau de la mer, paraissent avoir été formés dans des périodes d'affaissement.

La barrière de récifs étendue de la Nouvelle-Calédonie a poussé pendant une période d'affaissement au cours de laquelle cette île longue a été découpée par des baies et a vu ses dimensions de beaucoup réduites; mais, à l'inverse de la plupart des îles encerclées, celle-ci a été fortement soulevée autour de son extrémité sud-est et en partie le long de sa côte nord-est avant le moment de l'affaissement récent.

Les deux îles sud-est du groupe des Loyalty, Maré et Lifu, sont d'anciens atolls, également soulevés de 60 à 100 mètres; Maré a un petit noyau de roche volcanique au centre. Uvea, l'île nord-ouest du groupe, est un atoll légèrement incliné.

Les Nouvelles-Hébrides présentent des signes de soulèvement dans leurs récifs élevés et de dépression dans leurs baies.

La grande Barrière de récifs de l'Australie, la plus grande du monde, avec une longueur d'environ 2.000 kilomètres et une lagune de 25 à 110 kilomètres de largeur, s'est développée durant le récent affaissement au cours duquel de nombreuses baies se sont formées sur la côte du Queensland.

Cinq îles du groupe de la Société présentent des signes non équivoques d'une submersion récente dans leurs lignes de côtes très découpées; l'île de Tahiti, la plus grande et la plus jeune du groupe, a subi une submersion modérée après le découpement de ses falaises, mais ses baies sont de nouveau presque toutes remplies par les deltas des cours d'eau; une pause a donc suivi son dernier affaissement. Tous les récifs de barrière de ce groupe paraissent avoir été formés pendant la dernière submersion, due à un affaissement régional.

§ 6. — Biologie

Les changements de couleur et de dessin chez les poissons et l'adaptation. — On sait que la surface de certains organismes ressemble beaucoup au milieu environnant, comme si ces organismes simulaient leur entourage pour devenir plus ou moins invisibles. Cette explication repose sur l'hypothèse que la vision chez les animaux serait semblable à celle de l'homme. Le problème de la vision est donc étroitement associé à celui de la simulation de l'environnement. C'est pour jeter quelque lumière sur ces questions encore controversées que M. S. O. Mast, professeur adjoint de Zoologie à l'Université John Hopkins, de Baltimore, a entrepris des expériences sur les changements de coloration et de dessin en relation avec le milieu chez quelques poissons [1].

Les carrelets lui ont paru particulièrement appropriés à cette étude, car la simulation du fond sur lequel

1. *Proc. of the National Acad. of Sciences*, t. I, n° 3, p. 146-152; mars 1915.

1. *Proc. of the National Acad. of Sciences*, t. I, n° 4, p. 214-219; avril 1915.

ils reposent y est probablement plus étendue, plus exacte et plus rapide que chez tout autre animal.

Deux de ces formes, le *Paralichthys* et l'*Ancylopsetta*, ont été étudiées soigneusement à ce point de vue. M. Mast a constaté que, dans des récipients en verre, placés sur des fonds artificiels ou naturels, des changements se produisent dans la peau qui rendent l'animal tout à fait semblable au fond en ce qui concerne la teinte, la couleur et le dessin, quelque grandes que soient les variations de ces derniers. Sur un fond blanc, les poissons deviennent presque blancs; sur un fond gris, ils deviennent gris avec la même teinte; sur un fond noir, ils arrivent à être presque noirs. Sur des fonds colorés allant du bleu sombre au rouge sombre, ils prennent des couleurs presque analogues, excepté pour le rouge. Sur des fonds parsemés de petites figures, les figures de la peau deviennent petites, d'une façon correspondante, et sur les fonds parsemés de grandes figures, les figures de la peau s'accroissent dans certaines limites. Toutefois, on n'a pas observé de reproduction des dessins.

Le temps nécessaire à la production de ces changements adaptatifs dans la peau des *Paralichthys*, et probablement chez d'autres genres, est très variable. En général, il est beaucoup plus long chez les vieux que chez les jeunes. Il est également beaucoup plus long chez les individus maintenus constamment sur un fond donné que chez ceux qui changent fréquemment d'un fond à un autre. Ainsi, tandis que chez un animal il a fallu cinq jours pour que la peau passe complètement du blanc au noir après un séjour continu de deux semaines sur un fond blanc, en *deux minutes* la même transformation a été observée après un transfert fréquemment répété du blanc au noir et *vice versa*.

Il y a aussi de grandes variations dans la durée du changement suivant les couleurs. L'animal, par exemple, prend beaucoup plus facilement et rapidement le jaune que le vert ou le bleu; cela vient peut-être de ce que le jaune prédomine ordinairement dans son entourage.

Quels sont les facteurs qui entrent en jeu dans l'accommodation à l'entourage?

a) Dans la peau des carrelets, on trouve des cellules colorées connues sous le nom de chromatophores; les unes sont noires, d'autres sont jaunes de diverses teintes. En association avec elles, on observe d'autres cellules, dites iridocytes, qui contiennent de nombreux cristaux fortement réfringents, considérés comme de la guanine; elles paraissent blanches en lumière réfléchie. Le pigment, dans les chromatophores, peut se concentrer en petites masses globulaires ou s'étendre de façon à couvrir des surfaces relativement grandes. En outre, les iridocytes peuvent prendre une position telle qu'ils dissimulent tout ou partie du pigment dans les chromatophores. Ainsi par réaction de ces corps se produisent les variations de coloration, de teinte et de dessin.

b) Ces réactions sont réglées par des stimulus reçus par l'intermédiaire des yeux, comme le prouvent de nombreuses expériences : Des animaux placés avec l'extrémité antérieure sur un fond blanc et l'extrémité postérieure sur un fond noir deviennent uniformément blancs, et *vice versa;* des animaux avec un œil sur un fond blanc et un autre sur un fond noir prennent une teinte intermédiaire (gris uniforme) sur toute leur surface. Des animaux ayant un œil sur un fond avec un dessin donné et l'autre sur un fond d'un dessin différent prennent un dessin intermédiaire, qu'un examen plus attentif montre constitué par la superposition des deux configurations produite par chacun des deux fonds.

L'*ablation d'un œil* exerce peu d'influence sur les activités des carrelets; si l'opération est bien conduite, la lésion guérit en peu de jours et l'animal répond normalement; il n'y a pas de différence de degré ou de rapidité dans son adaptation au fond, ni au point de vue de la couleur ou de la teinte, ni au point de vue du dessin. Les animaux auxquels on a *enlevé les deux yeux* continuent aussi à se mouvoir dans l'aquarium, mais ils ne présentent plus aucune simulation du fond, quelle qu'elle soit.

c) Des animaux placés sur un fond blanc deviennent blancs même si l'intensité de la lumière est si faible qu'on les aperçoit à peine et que le fond paraît gris foncé à l'œil humain. Sur un fond gris par contre, même s'il apparaît beaucoup plus lumineux qu'un fond blanc peu éclairé, l'animal devient gris, et noir sur un fond noir. Si l'animal est placé de telle façon que les yeux ne reçoivent aucune lumière directe du dessus, mais seulement la lumière réfléchie par le fond, il devient tout à fait blanc, quels que soient la teinte ou les dessins du fond.

d) Puisque les changements de la peau qui aboutissent à la simulation du fond sont contrôlés par des stimulus reçus par l'intermédiaire des yeux, ce processus constitue un excellent critère de la vision.

D'après les résultats précédents, la vision chez les poissons, en ce qui concerne la teinte et la couleur, est essentiellement la même que chez l'homme; en ce qui concerne les dimensions, elle est moins aiguë. Les carrelets distinguent entre des points de 2 et de 3 mm. de diamètre; ils reconnaissent des points de 1 mm., mais non de 0,5 mm. de diamètre.

Au moyen d'un fond consistant en un disque rotatif composé de secteurs blancs et noirs alternativement, l'auteur a trouvé que la vitesse de fusion des images chez les carrelets correspond assez étroitement avec cette vitesse chez l'homme. Il semble donc qu'au point de vue du mouvement la vision chez les poissons est aussi aiguë que chez l'homme.

En ce qui concerne la vision colorée, on a constaté que, sur un fond ne contenant que du gris ou du blanc et du noir, aucune coloration ne se produit chez les carrelets, quels que soient la teinte, le dessin ou l'intensité de la lumière. La simulation de la couleur dépend donc de la longueur d'onde lumineuse, et non de différences d'intensité; c'est une des caractéristiques essentielles de la vision colorée chez l'homme.

En ce qui concerne la signification biologique de la simulation du fond, plusieurs théories ont été émises. Pour les uns, ce phénomène est purement accidentel et n'a aucune valeur biologique; pour d'autres, sa fonction est de protéger l'animal contre ses ennemis ou de l'aider à capturer sa proie; quelques-uns pensent qu'il sert à régler la température du corps. Aucune de ces hypothèses n'est supportée par les expériences de M. Mast.

Le rôle des sels de calcium dans l'alimentation humaine, en particulier chez les soldats. — D'après les recherches de Loew, le calcium forme l'un des constituants essentiels du noyau cellulaire, tant chez les animaux que chez les végétaux; c'est peut-être même le constituant minéral le plus important. La chaux joue donc un rôle de premier ordre dans l'alimentation; l'augmentation de la proportion habituelle de chaux aurait même une action des plus favorables sur le corps, en particulier chez les soldats.

Des expériences récentes de Loew[1] montreraient, en effet, que l'addition de sels de chaux à la ration habituelle (2 à 3 gr. de chlorure de calcium cristallisé ou 3 à 4 gr. de lactate de calcium par jour) accroît notablement la résistance du corps. Chez les blessés, non seulement les lésions ou fractures osseuses guérissent plus rapidement, mais la guérison des autres blessures est également accélérée. Loew se plaint même que les autorités médicales supérieures de l'armée allemande ne tiennent pas suffisamment compte des propriétés utiles des sels de chaux en campagne et dans les lazarets.

Il recommande donc la fabrication d'un « pain calcique », qui a déjà été consommé à diverses reprises en Bavière et dans le sud de l'Allemagne. On utiliserait dans ce but la *calcifarine*, combinaison de chlorure de calcium et de farine, qui ne devient pas humide à l'air. Il suffit de mélanger 5 parties de cette calcifarine à 100 de farine ordinaire; le pain se prépare et se cuit à la façon habituelle.

1. *Hyg.* (Munchen), t. III, n° 12.

LA SYNTHÈSE MINÉRALE AU POINT DE VUE DE SES MÉTHODES

C'est à la fin du plus populaire de ses ouvrages que Berthelot a écrit : « La Chimie possède cette faculté créatrice à un degré plus éminent encore que les autres sciences, parce qu'elle pénètre plus profondément et atteint jusqu'aux éléments naturels des êtres. Non seulement elle crée des phénomènes, mais elle a la puissance de refaire ce qu'elle a détruit ; elle a même la puissance de former une multitude d'êtres artificiels, semblables aux êtres naturels, et participant de toutes leurs propriétés. Ces êtres artificiels sont les images réalisées des lois abstraites, dont elle poursuit la connaissance. » Dans ces paroles est contenue, en réalité, la conception la plus ample de la synthèse chimique, et elles ont inspiré mes propres idées sur les problèmes de la reproduction artificielle de quelques substances minérales et des méthodes à suivre pour créer au laboratoire des corps identiques aux espèces minéralogiques, formées par la Nature au moyen du jeu de ses forces créatrices.

I

Naturellement, la synthèse minérale est plus ancienne que la synthèse organique, à laquelle même, au commencement, elle a donné ses méthodes et prêté ses doctrines, déjà bien établies. Plusieurs opérations pratiquées dans les laboratoires de Chimie minérale sont de véritables synthèses : quelques-unes additives, faites à partir des éléments des substances, d'autres indirectes à divers degrés, toutes aboutissant à la reproduction de combinaisons, plus ou moins compliquées, lesquelles n'ont pas toujours des représentants dans la Nature. La reproduction des minéraux, et surtout des plus compliqués, reconnus comme constituants directs des roches, ou bien comme produits immédiats de leur altération, a été spécialement poursuivie et a formé l'objet de bien des séries de recherches, dont les résultats sont devenus le fondement rationnel de la Géochimie ; à une époque peu éloignée, l'activité des chimistes se consacra à l'œuvre créatrice de la reproduction des espèces minéralogiques, avec tous leurs caractères, en employant des méthodes d'une relative généralité, et les résultats ont été vraiment extraordinaires.

A mon avis, il y a une grande et essentielle différence entre la synthèse organique et la reproduction artificielle des minéraux. La synthèse des composés du carbone est plus créatrice, en ce sens qu'elle forme les êtres mêmes qu'elle étudie, dont la plus grande partie n'ont pas leurs représentants naturels. Ceci est dû à la flexibilité, si considérable, de la molécule organique, qui la rend apte à toute sorte de transformations, capable de toute espèce de changements et de contracter des alliances très variées ; cela explique le grand essor et les développements si remarquables et si constants de la synthèse organique et aussi la généralité de ses méthodes.

D'autre part, dans la plupart des cas, la molécule minérale est particulièrement rigide, très fixe, comme on peut l'observer dans les silicates, dans certains complexes naturels de l'ordre des apatites et des wagnérites et dans tous les éléments constitutifs des roches.

Il faut donc distinguer quand on parle de synthèse minérale, car l'obtention, au laboratoire et même dans l'industrie, de la plupart des corps dits inorganiques, se fait au moyen de procédés synthétiques, dont la fabrication de l'anhydride et de l'acide sulfurique sont des exemples frappants. Mais le terme de synthèse minérale se rapporte mieux à la reproduction au laboratoire des espèces minéralogiques, avec tous les caractères qu'elles présentent dans la Nature, et avec leurs associations. On déduit de cette considération une des caractéristiques de la synthèse minérale, qui est, peut-être, la plus grande difficulté de ses méthodes. Il ne suffit pas d'avoir obtenu une de ces combinaisons compliquées, identique dans sa composition au minéral qui la représente ; la synthèse ne sera pas complète si nous n'arrivons pas à reproduire la forme cristalline, qui est substantielle et inhérente à l'espèce minéralogique.

En voici un exemple : j'ai soumis à l'action de la vapeur de chlorure de soufre, contenant une grande quantité de soufre dissous, et en opérant au rouge sombre, du carbonate manganeux, chauffé dans une nacelle de porcelaine à l'intérieur d'un tube de verre réfractaire ; j'avais l'intention d'obtenir du chlorure manganeux anhydre. Il se forma, par accident, du monosulfure de manganèse, constituant une masse amorphe, vert clair.

J'avais reproduit, sans doute, l'espèce chimique, mais non pas l'espèce minéralogique correspondant à sa composition, qui est l'alabandine. Il en manquait la forme. Pour la faire cristalliser, il a fallu la soumettre, à la même température, à l'action du gaz sulfhydrique bien desséché. Alors, nous avons observé la formation de très petits

cristaux réguliers octaédriques; l'alabandine était reproduite. La forme est tellement importante qu'elle suffit, dans plusieurs cas, pour caractériser des espèces : la blende et la wurtzite, les deux sulfures naturels du zinc, en sont de bons exemples. Bien des méthodes de synthèse minérale n'ont pour but que de faire prendre aux substances la forme qui les fait devenir des espèces minéralogiques, en partant des espèces chimiques. A la rigueur ce sont des procédés de cristallisation par voie sèche, avec un dissolvant, ou bien par l'intermédiaire d'un gaz, comme dans le cas cité, ou lorsqu'on veut obtenir la blende de Sidot.

Les dissolvants les plus connus, sans action sensible sur le corps dissous, sont les chlorures de sodium et de manganèse, le dernier peut-être plus commode, à cause de sa fixité. Le protochlorure de manganèse, anhydre et fondu, est un bon dissolvant des sulfates alcalino-terreux, et par refroidissement on peut obtenir, cristallisées sous leurs formes caractéristiques, la barytine, la célestine et le gypse, qui sont les espèces minéralogiques correspondantes; leur formation artificielle n'implique pas d'actions chimiques. Ce sont des changements moléculaires, d'ordre physique, dont les résultats se rattachent à la synthèse au même titre que la reproduction des minéraux par des combinaisons de leurs éléments, ou en partant d'autres minéraux plus simples et déjà formés. On voit que la reproduction de la forme est essentielle dans la synthèse minéralogique, en tant qu'elle est une qualité inhérente aux espèces et même aux individus, comme êtres naturels.

En regardant la forme cristalline comme substantielle de l'être minéral et de sa molécule, au même rang, ou à peu près, que la composition chimique, on voit que les méthodes de cristallisation sont de vrais procédés synthétiques, car elles servent à créer des êtres doués d'une individualité parfaite et caractéristique. Elles sont, en définitive, des moyens de réaliser des changements moléculaires qui affectent les états physiques, mais sans changer la constitution chimique en un certain sens.

A l'égard de l'influence de certaines modifications qualifiées de physiques, comme la cristallisation, qui est un véritable changement d'état, il y aurait beaucoup à dire. Pour le moment je me bornerai à signaler que la résistance aux réactifs paraît augmenter dans les substances cristallisées ou même après le chauffage. C'est ainsi que le sesquioxyde vert de chrome cristallisé, ou simplement calciné, devient difficilement attaquable au rouge très vif par le chlore, en mélange avec du charbon, tandis que le même corps est facilement chloruré, dans les mêmes conditions, quand il provient de la déshydratation de l'hydroxyde, faite à température peu élevée.

Je suppose reproduit un minéral quelconque, dont la composition chimique et la forme cristalline seraient identiques à celles de l'espèce naturelle. Il reste encore à résoudre le problème le plus important. Nos méthodes arrivent à produire des corps compliqués tels que les silicates multiples; par exemple, nous obtenons, même avec une facilité relative, de beaux échantillons de l'alumine colorée par des oxydes métalliques, reproduisant le rubis et le saphir de Verneuil; il n'est pas difficile d'obtenir de belles spinelles; on connaît bien la manière de reproduire les feldspaths, et même la synthèse de la schreibersite des météorites; mais nous ne pouvons pas savoir, à l'heure actuelle, si les procédés que nous avons suivis sont les mêmes que ceux que la Nature a employés dans la formation de ces minéraux. On reproduit bien les corps, avec leur composition chimique et toutes leurs caractéristiques physiques et cristallographiques; mais il est impossible d'assurer que les méthodes synthétiques des laboratoires soient exactement les méthodes de la Nature.

Nous pouvons obtenir des microlithes et même des cristaux isolés du silicate si compliqué que constitue l'augite des roches éruptives, simplement en fondant ses éléments au blanc, ou bien en suivant les méthodes de Fouqué et Michel Lévy; mais il est impossible d'assurer si ces procédés, et bien d'autres, comme ceux de Ch. Sainte-Claire Deville et de Lechartier, sont vraiment les mécanismes chimiques que la Nature a mis en œuvre pour former le minéral constitué par le silicate de calcium, de magnésium et de fer. Moins encore savons-nous si la genèse a été toujours la même, ou bien s'il y a eu plusieurs manières d'arriver à la formation des êtres inorganiques.

En réalité, et pour devenir complète, la synthèse minérale devrait comprendre la reproduction de la composition chimique, celle de la forme cristalline et, encore plus, la reproduction du procédé naturel de formation du minéral reproduit. Cette dernière partie est incertaine dans la plupart des cas, parce que nous ignorons, presque tout à fait, les méthodes mises en jeu dans la genèse des êtres minéraux. La Nature a, sans doute, des systèmes distincts et variés à l'infini pour produire ses êtres. Parfois elle partira des éléments les plus simples et en fera des synthèses additives, dont les combinaisons binaires seront les premières. D'autres fois elle

profitera de la destruction des matériaux les plus compliqués, dont la contrainte chimique et la contrainte mécanique ne seront pas très fortes, ce qui provoque un certain état de métastabilité du système, dont la complexité favorisera même les changements, en sorte que des débris d'un agrégat compliqué prendront naissance d'autres agrégats, comme résultat de nouvelles réactions chimiques, dans lesquelles l'influence du milieu a une grande importance; ainsi la génération des êtres inorganiques est, en définitive, fonction de plusieurs variables.

Une de ces variables est le temps. La Nature travaille toujours et sans relâche à la formation de ses êtres, elle n'en détruit jamais; son rôle est la formation perpétuelle de la vie, sa transformation et son perfectionnement assurant, à chaque instant, sa persistance, précisément par la variabilité continuelle des états des systèmes, qui détermine sa continuité à travers la variation, car si rien n'existe d'absolument stable, les mutations sont infiniment lentes, quoiqu'on trouve, dans une certaine limite, des changements profonds, qui donnent l'apparence de la stabilité. S'il est vrai que rien ne finit dans la Nature, il est vrai aussi qu'il n'existe pas une seule chose qui soit achevée : tout est en formation; il y a des êtres qui sont formés par d'autres, dont les propriétés caractéristiques et le mode de formation seront fonctions du milieu. Nous verrons bientôt des exemples variés, précisément dans ce qu'on a appelé des reproductions accidentelles des espèces minéralogiques, qui peuvent expliquer certaines formes de leur génération. C'est ainsi que les modes de formation ou les réactions génératrices des substances organiques servent, à plusieurs reprises, de guide aux méthodes de leur synthèse.

Dans la génération des êtres inorganiques, bien qu'elle soit continue, la Nature met beaucoup de temps : elle possède toute l'énergie, mais elle la dépense en faisant celle qui est propre à chaque système par des éléments finis, de sorte que les actions lentes, mais continues, sont, en réalité, celles qui déterminent la formation et les variations des êtres. Nous ne disposons pas du temps, dans nos opérations de synthèse minérale de laboratoire, dont le rôle général consiste surtout à abréger le temps, précipitant l'œuvre que la Nature fait lentement. L'analyse nous a fait connaître la composition chimique. Il nous est facile, par l'étude des propriétés physiques, de déterminer les formes des cristaux, et une fois bien connues les caractéristiques du minéral, nous procédons à la reproduction par voie synthétique, en employant des forces que la Nature nous prête.

En réalité ce sont des forces naturelles qu'on met en jeu pour obtenir des minéraux artificiels, selon les conditions respectives de leurs gisements que nous connaissons d'avance : la chaleur, en premier lieu, la pression, l'eau, les actions chimiques de toute sorte, l'électricité, parfois la lumière, la diffusion, l'état colloïde, toutes les formes de l'énergie sont utilisables, selon les cas, dans la synthèse minérale, et des formes variables de leur emploi, comme aussi de leur intensité respective, dépendent ces diverses méthodes, dont l'objet commun est d'accélérer les réactions chimiques naturelles, tantôt en produisant seulement des changements de forme, tantôt en provoquant des réactions chimiques entre des corps très peu actifs dans les conditions ordinaires. Ainsi la reproduction des minéraux se réduit à augmenter la vitesse de leurs réactions génératrices, en supposant qu'elles soient les mêmes que celles que la Nature emploie, pour obtenir en peu de temps les corps qui, naturellement, ont été formés par le lent travail des énergies.

Les réactions chimiques de formation une fois bien connues, tous les procédés de la synthèse minéralogique consistent à les accélérer, même dans le cas, si peu généralisé, de l'application des propriétés des états colloïdes, des intéressants phénomènes de diffusion et d'autres dont la connaissance est tout à fait moderne et dont l'application reste aujourd'hui restreinte, mais deviendra bientôt générale et féconde.

II

Au point de vue où nous sommes placés, nous pouvons bien dire que les méthodes les plus générales de la synthèse minérale permettent de reproduire la composition chimique et la forme cristalline, et, même dans certains cas, les phases de leur transformation moléculaire; mais elles nous apprennent bien peu sur la formation naturelle des êtres inorganiques. Et cependant le but le plus important des méthodes synthétiques est précisément la reproduction des mécanismes créateurs que la Nature emploie, en mettant en jeu ses énergies toujours actives. Il se peut bien que, dans certaines formations, une concordance parfaite existe entre les méthodes des laboratoires et celles que la Nature a mises en œuvre pour former des êtres inorganiques identiques, et de la sorte une grande merveille a été réalisée; mais elle n'est pas complète, car il y a plusieurs modes de formation naturelle des substances minérales. Le milieu et surtout le temps sont des facteurs indispensables à leur genèse : deux choses que nous n'avons pas à notre

gré au laboratoire, et l'on peut encore ajouter que ce sont les éléments les plus incertains et les plus variables.

Je citerai quelques exemples tirés de mes observations personnelles. Il existe un minéral appelé ganhite, dont la composition chimique correspond à un aluminate de zinc; c'est la vraie spinelle zincique. On trouve cette espèce minéralogique naturellement dans les gîtes métamorphiques; elle accompagne aussi d'autres minéraux zincifères, tels que l'oxyde de zinc ou zincite, la combinaison nommée franklinite, qui est un ferrate de zinc, et l'orthosilicate de ce métal, qui constitue la wilménite. La ganhite se forme aussi dans nombre d'opérations métallurgiques, dans le traitement par voie sèche des minerais de zinc. En chauffant des mélanges de ses composants, alumine et oxyde de zinc, avec de l'anhydride borique, à la température d'un four de porcelaine, pendant dix-huit heures consécutives, Ebelmen a obtenu la ganhite synthétique. On réussit de même, en appliquant la méthode générale de Sainte-Claire Deville et Caron. Il serait naturel d'admettre que l'aluminate de zinc a pris naissance au contact des composés zinciques naturels, oxydes, hydroxydes ou combinaisons salines d'acides faibles, silicique ou carbonique, avec ou sans eau, avec le sesquioxyde d'aluminium, qui fait partie essentielle des gîtes où se trouve l'aluminate tout formé, puisque la reproduction de la ganhite est directe et constitue un bon exemple de synthèse additive.

Nous avons en Espagne d'abondants gisements de minerais de zinc : des variétés de calamine, des blendes caractéristiques, de l'hydrozincite, et la franklinite est signalée; jamais la présence de la spinelle zincique au contact de ces minéraux et des roches alumineuses qui les renferment, n'a été indiquée. C'est un exemple de l'influence du milieu dans la formation d'une espèce minéralogique définie et bien cristallisée, en forme d'octaèdres réguliers.

On trouve aussi en Espagne, au cap Ortegal, dans la Galice, un grand dyke de serpentine, enclavé dans des schistes chloritiques et amphiboliques, qu'on peut considérer comme limites du Silurien dans cette localité. La magnétite, le phosphate de fer, le sulfure de nickel et les produits de leurs altérations ont rempli les fissures de la roche. Dans ce gisement, le sulfure de nickel, très altérable, et un hydrosilicate de magnésium se trouvent en présence, sous l'influence des agents atmosphériques et de leur propre affinité, et cependant la présence de l'hydrosilicate double de nickel et de magnésium, qui constitue le minéral amorphe nommé garniérite, n'a jamais été indiquée. Au contraire, les gaz atmosphériques ont altéré profondément le sulfure de nickel, et ont engendré l'hydrocarbonate de nickel appelé zaratite, et le sulfate de nickel ou morénosite, qui est un hydrosulfate rhombique, de couleur vert pomme. C'est un autre cas, et bien frappant, de la formation locale de minéraux par des altérations de matières plus simples chimiquement, en présence des corps que nous trouvons unis et fortement combinés dans d'autres localités, dans d'autres milieux et d'autres circonstances.

Je citerai un autre minéral espagnol, dont la genèse est aussi occasionnelle : c'est la linarite, dont la composition correspond à un hydrosulfate double de cuivre et de plomb. Un autre hydrosulfate, bien cristallisé, mais de fer et de cuivre, se trouve quelquefois à Rio Tinto. Ces deux minéraux sont des produits de la vitriolisation des sulfures, simples ou doubles, par l'oxygène atmosphérique, comme dans le cas de la morenosite; leur reproduction synthétique est donc très facile.

Ajoutons encore que les conditions, parfois très particulières, du milieu ont une influence directe et essentielle dans le mécanisme de la formation des minéraux. On observe, même dans les méthodes synthétiques, ce qu'on appelle des formations accidentelles, lesquelles représentent, à mon avis, des modes différents de génération des êtres inorganiques. Dans les scories des fonderies de certains métaux se forment, quelquefois, des combinaisons chimiques définies; la plupart sont des silicates doubles ou multiples, qui ont leurs représentants minéralogiques. Parfois on voit se former, dans les cheminées des usines métallurgiques, des sublimations constituées par des composés caractéristiques analogues à certains minéraux que nous considérons comme des produits de sublimation. Des eaux minérales, thermales ou non, salines ou acides, se déposent souvent, cristallisées ou amorphes, des couches qui sont des espèces minéralogiques. Et toutes les autres formes de génération des minéraux, dites reproductions accidentelles, montrent précisément la variété et la variabilité des processus de formation naturelle des êtres que nous étudions.

Précisément le but principal des méthodes synthétiques a été de se rendre un compte parfait des mécanismes de tout ordre employés par la Nature pour engendrer les minéraux; et l'on croit avoir développé tous ces procédés quand on arrive à obtenir au laboratoire un de ces corps assez compliqués chimiquement, ou une série de substances isomorphes

qu'on affirme avoir été engendrées de la même façon, en utilisant seulement la méthode employée au laboratoire. Celle-ci est d'ailleurs très importante et reproduit sûrement un des mécanismes de la Nature, mais non le seul. Le fait même de l'existence de divers procédés synthétiques, pour obtenir un seul minéral artificiel, démontre que nous ne devons pas admettre que nous connaissons les méthodes de formation des minéraux et des roches par le résultat de nos propres expériences, quoique la plus haute et la plus légitime aspiration de la synthèse minérale soit de mettre en lumière ces mécanismes naturels, dont la conquête est son idéal. Elle a déjà trouvé, sur son chemin, bien des résultats expérimentaux, qui lui ont permis de s'élever à des conceptions nouvelles sur l'origine de certaines roches et des dépôts salins anciens, que l'industrie sait utiliser dans ses opérations.

Sans doute les méthodes synthétiques mettent en jeu les mêmes énergies, les mêmes agents et les mêmes substances que la Nature, qui les modifie constamment et à son aise pour former ses êtres. Encore, dans certains cas, comme dans la génération des produits ignés, peut-on admettre l'identité des mécanismes des transformations chimiques ; mais il y aura toujours de notables différences d'intensité et de temps. Remarquons que la plupart des réactions chimiques qui donnent naissance aux espèces minéralogiques naturelles, exception faite des actions éruptives, sont ordinairement très lentes. Se renouvelant sans relâche, les forces naturelles agissent sans cesse, donnant la vie à des êtres aux dépens d'autres. De la sorte toutes les formes et toutes les métamorphoses coïncident, sans se gêner. On en tire la conséquence que toute la Nature devient solidaire de chacun de ses phénomènes et tout entière elle intervient pour donner la vie à chacun de ses êtres.

Nous produisons aussi les mêmes êtres, en profitant de nos connaissances relatives aux forces naturelles et à leur mécanisme, mais nos moyens d'utilisation sont plus violents ; nous voulons épargner du temps et réaliser au laboratoire la genèse des silicates les plus complexes ou la reproduction des apatites et des wagnérites en quelques jours, tout au plus. Nous prétendons faire cristalliser l'alumine, teinte en rouge par le chrome, ou en bleu foncé par le titane, et former facilement le rubis oriental ou le saphir, tous deux en cristaux parfaits et transparents, en profitant des températures très élevées et d'artifices bien simples pour les faire grossir méthodiquement. En appliquant aussi la chaleur, nous savons former des spinelles différentes et bien d'autres minéraux, même des météorites. Sans doute nos procédés se fondent sur l'emploi des énergies naturelles et sont nés de l'observation des faits ; mais, dans nos opérations synthétiques, tout est violent, forcé et rapide ; nous dépensons les énergies trop vite, tandis que la Nature sait mieux les administrer, travaillant sans cesser, et profitant de leur effet utile en entier. La différence que je viens de signaler explique la plus grande généralité et les applications plus étendues des méthodes synthétiques dans le domaine des minéraux et des roches dont la formation ignée et éruptive est bien connue, et le manque de données sûres sur les systèmes sédimentaires et métamorphiques.

III

Dans certains cas et pour certaines espèces, les méthodes synthétiques ont une généralité relative et permettent de former des substances qui sont tout à fait artificielles et n'ont pas de représentation naturelle. Dans ces fonctions, la synthèse minéralogique ressemble à la synthèse organique, dont les méthodes permettent de créer les substances, de les transformer et de les changer à la volonté de l'expérimentateur. En général, un procédé sert à préparer des corps isomorphes et permet d'en engendrer d'autres. C'est en fondant, dans un creuset de charbon, des phosphates tribasiques et un excès du chlorure correspondant, avec ou sans fluorure, que H. Sainte-Claire Deville et Caron sont parvenus à réaliser la synthèse totale des fluophosphates et des chlorophosphates qui constituent les intéressantes familles minéralogiques des wagnérites et des apatites. Il y a, en ce cas, deux manières de changer les termes et de former deux séries de combinaisons.

Nous pouvons substituer les éléments métalliques et préparer, de la sorte, des apatites et des wagnérites artificielles, qui se distingueront par leurs bases respectives, et il y aura ainsi des chlorophosphates et des fluophosphates très variés et toujours isomorphes, simples, doubles et même multiples. Il faut observer que, d'après les travaux de Lechartier, il existe une sorte de faculté élective à l'égard de la genèse des espèces, selon le métal qui intervient dans la réaction : avec le baryum, le strontium ou le plomb, on obtient toujours des apatites. Au contraire, le magnésium et le manganèse donnent des wagnérites, et le même savant a démontré que le calcium donne à volonté, selon la température, les unes ou les autres.

Il est possible aussi de remplacer le phosphore par l'arsenic, le vanadium ou d'autres éléments

analogues, et alors prendront naissance les fluoarséniates, les fluovanadates, les chloroarséniates et les chlorovanadates, lesquels ont été obtenus en grand nombre, bien cristallisés ; ils représentent des familles artificielles, qui sont des apatites et des wagnérites dérivées. Et on peut compliquer la molécule de tous ces composés. Lechartier est arrivé à préparer des arsénioapatites de calcium chlorofluorées et des arsénio-wagnérites chlorées et fluochlorées de calcium, de magnésium et de manganèse.

J'ai obtenu dernièrement, d'une manière accidentelle, le silicate de baryum, en chauffant au blanc pendant six heures, dans un creuset de terre, fabriqué d'une argile particulière, un mélange de carbonate de baryum impur et de soufre. Après refroidissement lent, j'ai trouvé, au fond du creuset, un amas non encore bien étudié, mais dont les cassures cristallines, vues au microscope, paraissent contenir des éléments isomorphes avec la wollastonite artificielle (pseudowollastonite). Peut-être, cette formation accidentelle deviendra-t-elle une méthode synthétique d'une certaine généralité.

Ces exemples démontrent toute la portée des procédés de la synthèse minérale, mais leur application reste limitée à un petit nombre de substances liées par la propriété de l'isomorphisme. D'ailleurs, ce sont des espèces minéralogiques dont la génération est facilement expliquée et dont la complexité est aussi relative. Toutes les méthodes employées pour les obtenir représentent, du reste, des synthèses directes et additives, sans élimination d'aucune substance : les systèmes générateurs sont composés de corps définis ou espèces chimiques, et dans la méthode de Daubrée, seulement appliquable à l'apatite typique de calcium, on fait passer des vapeurs de chlorure de phosphore sur la chaux chauffée au rouge vif, et la réaction est si énergique qu'elle donne lieu à des phénomènes d'incandescence. De toute façon, la reproduction des apatites et des wagnérites, faite toujours à des températures élevées, est violente, et s'il est vrai que nous gagnons du temps, je crois que nous n'arrivons pas à reproduire les mécanismes générateurs des fluophosphates et des chlorophosphates naturels, quoiqu'il ait été possible de former au laboratoire des produits analogues et isomorphes en changeant les substances qui devaient s'unir chimiquement.

La méthode, cependant, a permis d'obtenir et de reproduire l'apatite typique, la pyromorphite, le mimétèse, la vanadinite, la wagnérite typique, la triplite et de nombreux produits analogues. Ces résultats semblent démontrer que, dans la Nature, plusieurs minéraux se forment par simple addition chimique d'autres combinaisons plus simples. Alors, comme dans les dissociations ioniques, un critérium dualiste s'impose, par hasard; et il serait assez bizarre de retourner aux anciennes idées dans nos conceptions les plus générales sur le mécanisme des phénomènes chimiques et sur la constitution de la matière.

IV

En réalité, les méthodes synthétiques sont des réactions chimiques entre substances fondues, et, considérées dans leur ensemble, elles forment une série de procédés de cristallisation par voie sèche, avec ou sans réaction chimique : les résultats dépendent, jusqu'à une certaine mesure, de l'état physique des matières mises en contact. Cependant, la réaction chimique n'est pas une condition nécessaire pour reproduire des minéraux. Plusieurs résultent simplement de modifications moléculaires, et alors la cristallisation par fusion est vraiment une méthode de synthèse bien distincte, presque dans tous les cas, des procédés naturels, surtout quant à la durée du refroidissement des masses fondues, sans compter les autres circonstances.

Un exemple singulier de cristallisation par voie sèche est, sans doute, la reproduction des différentes variétés colorées de l'alumine qui forment la famille du corindon, suivant les méthodes de Verneuil. Un petit globule d'alumine fondue, mélangé auparavant à la matière colorante (bichromate de potassium pour le rubis, oxyde bleu de titane pour le saphir), est maintenu à l'extrémité d'un fil de platine dans l'intérieur d'un four de grande température. Le petit globule est animé d'un mouvement giratoire très rapide. Au moyen du même chalumeau qui sert à produire la haute température nécessaire (Verneuil utilisa le chalumeau de Schlœsing), on insufle de la poudre très fine d'alumine colorée qui se fixe sur la surface du globule, lequel devient comme le noyau du cristal, dont le volume augmente jusqu'à une certaine limite. C'est un bon moyen de le faire grossir aux dépens de sa propre substance.

On fait des cristallisations au moyen de matières fondues qui ont les mêmes fonctions que les dissolvants liquides. Tel est le cas de la cristallisation des oxydes, surtout du sesquioxyde de chrome dans le chlorure de sodium et des sulfates de baryum, de strontium ou de calcium dans le chlorure manganeux anhydre et fondu, que j'ai déjà cité. La sublimation, avec ou sans réaction chimique, et les réactions possibles entre des substances fixes et des corps volatils,

sont aussi de bons moyens de synthèse minérale ; mais, pour la plupart, il est impossible de les qualifier de reproduction exacte des mécanismes générateurs de la Nature, qui a certainement plusieurs modes de production, en utilisant de mille façons ses forces créatrices.

Employant, avec beaucoup de variantes, les méthodes de cristallisation déjà connues par voie sèche, les chimistes sont arrivés à reproduire un nombre considérable de minéraux et à obtenir des produits cristallins assez notables. A une époque peu éloignée de la nôtre, on a constaté une grande activité, et de magnifiques expériences sur la synthèse des êtres inorganiques ont été faites. Aujourd'hui, elles sont presque abandonnées, malgré les résultats obtenus, surtout dans le domaine de la reproduction des silicates multiples, et malgré les grands moyens pratiques que nous possédons, disposant d'une échelle inattendue de températures, qui permettent de fondre la chaux vive et de volatiliser le quartz. Du reste, nos méthodes d'étude des produits obtenus ont progressé et se sont multipliées considérablement : il sufira de citer l'examen des cristaux dits mixtes. D'autre part, la Géochimie a reçu, des résultats de la synthèse minérale, ses meilleurs progrès, et nous pouvons dorénavant affirmer que les grandes pressions, les refroidissements subits de masses fondues à la plus haute température, ou la dissociation qui met en liberté des corps actifs à l'état gazeux, sont des moyens employés par la Nature dans ses créations dites éruptives, plus ou moins parfaites.

Maintenant que la limite des procédés synthétiques a été très élargie, grâce aux développements de la Chimie des hautes températures, le moment paraît venu de les généraliser et de compléter, dans une certaine mesure, le dernier objet de nos synthèses, en essayant de reproduire les méthodes naturelles, avec la seule différence du temps et parfois du milieu, qui n'est pas inerte à l'égard des réactions chimiques accomplies dans son sein.

Ce milieu est plus difficile à considérer dans les réactions par voie sèche, parce que son rôle n'est pas limité à celui de fondant ou de dissolvant inerte et, une fois l'action chimique finie, à celui de magma où s'implantent les cristaux ou les groupements microcristallins. Il suffit, pour cela, de considérer le rôle des substances qualifiées de minéralisateurs, par exemple l'anhydride borique, les chlorures plus ou moins volatils, et les fluorures, dont la présence est indispensable, par exemple, dans la cristallisation du rubis oriental, en suivant la méthode de Frémy. En outre, il faudra compter, dans ce qui se rattache au milieu, les actions des gaz dans les phénomènes de sublimation et particulièrement les transports, comme dans l'obtention de la blende de Sidot, blanche et phosphorescente.

V

Depuis les classiques expériences de Sénarmont et les travaux, si originaux, de Becquerel, sur les réactions chimiques lentes, entre liquides non miscibles ou à travers des membranes perméables, les méthodes de la synthèse minérale par voie humide sont fondées. Nous avons à considérer un certain nombre de conditions générales qui déterminent le milieu et les énergies qui y interviennent. Naturellement tout moyen permettant d'isoler un corps cristallisé, en éliminant son dissolvant liquide, est une méthode de synthèse inorganique par voie humide. La nécessité d'une température différente de l'ordinaire, d'une pression plus ou moins forte, ou bien des deux conditions réunies, l'état solide, liquide ou mixte du système de réaction, sont les principales caractéristiques communes des procédés par voie humide ; il faut y ajouter encore l'état colloïdal de la matière et les propriétés des émulsions. Quant aux énergies, surtout pour les actions lentes, les phénomènes électrolytiques auront une importance de premier ordre.

Personne n'ignore la haute importance des réactions accomplies en chauffant en tubes fermés, et combien Berthelot a profité du système en instituant sa méthode générale d'hydrogénation des corps organiques au moyen de l'acide iodhydrique. Comme bon exemple de synthèse par voie humide sous pression et à température élevée, on peut citer les beaux travaux de Sarasin et Friedel pour la reproduction du feldspath orthose, en chauffant, dans un tube de verre, doublé de platine, et fermé à la lampe, à la température du rouge sombre, soutenue pendant plusieurs jours, le mélange d'une solution d'un silicate basique de potassium avec un silicate d'aluminium précipité. Il en résulte de l'orthose, avec un peu de quartz ou de la tridymite, selon la température. On attribue au silicate double d'aluminium et de potassium des origines variées : roches éruptives et métamorphiques, produits volcaniques de sublimation, roches volcaniques, matériaux très siliceux, mais jamais on ne lui assigne une origine aqueuse, à moins de considérer les formations granitiques comme sédimentaires ; pourtant une des meilleures méthodes de reproduction de l'orthose consiste dans l'intervention de l'eau

chauffée et de la pression. Nous voyons se former un des constituants du granit dans un milieu liquide, qui n'est que le dissolvant d'un des corps qui interviennent dans la réaction.

De même que pour les méthodes par voie sèche, dont les résultats ont été vraiment nombreux et admirables, nous trouvons ici pareilles difficultés. On arrive à obtenir des corps, qui sont des composés définis chimiquement, cristallisés avec leurs formes propres, lesquels ont leurs représentants dans des espèces minéralogiques; leur identité avec des substances naturelles est complète, mais nous ne pouvons pas assurer que le procédé de reproduction que nous avons suivi soit le même que celui que la Nature a mis en œuvre.

La synthèse de la thénardite (sulfate anhydre de sodium), qui se trouve dans des dépôts salins, à côté d'autres sulfates de sodium hydratés, et de l'espèce nommée glaubérite, est très facile. Il suffit de faire évaporer à 33° la solution saturée de sulfate hydraté, avec dix molécules d'eau, pour en recueillir des cristaux de la thénardite. Dans la Nature, l'efflorescence de la mirabilite peut, elle aussi, la produire; mais il n'est pas possible d'attribuer cette origine, par exemple, au grand amas de thénardite très pure, contenant, selon les calculs des mineurs, plus d'un million de tonnes, qui gît, sur du sel gemme, à Villarrubia de los Ojos dans la province de Ciudad Real; ce n'est pas le seul que nous ayons en Espagne : il y a d'autres dépôts, très riches et abondants, au centre de la Castille, surtout dans les provinces de Madrid et de Tolède.

Avec la thénardite on trouve d'autres sulfates : la mirabilite, la glaubérite, l'anhydrite, le gypse et parfois l'epsomite. Les gisements reposent toujours sur des couches de chlorure de sodium, et tous ces minéraux salins s'accompagnent d'argile. La thénardite se présente souvent en masses formées de petits cristaux cimentés par du sable fin de la même substance. La couleur en est blanche, bleuâtre, grisâtre et améthyste, à Espartinas et Chinchon, et les cristaux complètement transparents, trouvés dans l'argile, ne sont pas rares à Cienpozuelos. Ces gisements salins, si abondants et si riches, sont du plus grand intérêt sous plusieurs aspects : ils sont seulement comparables à ceux bien connus de Stassfurt, dont l'origine a été mise en lumière par les magnifiques travaux de Van't Hoff, et qui est complètement différente de l'origine des dépôts salins de l'Espagne. Au point de vue de la synthèse minérale, le sujet est très intéressant, et je me permettrai de l'aborder un jour dans son ensemble et avec des nombreuses expériences.

Deux hypothèses peuvent être formulées à propos de l'origine ou de la formation possible de la thénardite. Selon la première, elle procéderait des eaux marines et devrait être considérée comme un vrai dépôt de sels sodiques et calciques dissous : la théorie tombe quand on considère qu'à l'intérieur de l'Espagne se trouvent des formations tertiaires, marines ou salines, qui ne contiennent pas de thénardite, ni d'autres sulfates hydratés de sodium ou de la glaubérite (sulfate sodique calcique).

La seconde hypothèse attribue au sulfate anhydre de sodium deux origines, à savoir : le transport de roches plus anciennes, et l'aspect de certains gisements justifie cette opinion, ou la formation *in situ*, par un ensemble de réactions chimiques faciles à comprendre. Nous avons un système formé par le gypse ou l'anhydrite et le chlorure de sodium, au contact de l'argile et de la matière organique. Cette matière organique est, par sa propre nature de composé du carbone, un réducteur assez énergique pour décomposer le gypse jusqu'à mettre en liberté le soufre. En même temps, l'oxygène atmosphérique, en présence de l'eau, est capable — et il y en a de nombreux exemples — d'oxyder, avec une certaine rapidité, le soufre mis en liberté, en formant de l'acide sulfurique, lequel, à son tour, attaque le chlorure de sodium et, comme au laboratoire, produit du sulfate de sodium ou, de préférence, le sulfate double de calcium et de sodium qui constitue la glaubérite, l'argile favorisant le contact de l'air et la décomposition subséquente de la glaubérite; il semble même que certains micro-organismes interviennent dans l'opération.

Des preuves de l'hypothèse ne manquent pas. Une observation de Daubrée démontre la genèse du soufre, très moderne, par réduction du gypse par la matière organique. L'oxydation du soufre par l'oxygène atmosphérique, à la température ordinaire, en présence de l'humidité et des corps poreux, est un fait bien connu, et on peut le reproduire au laboratoire. La transformation du chlorure de sodium en sulfate, précisément par l'acide sulfurique, est l'opération fondamentale pour fabriquer la soude Leblanc. Du reste, les mêmes propriétés des produits salins naturels aident à expliquer leur origine, parce que, bien que lentement, ils se transforment sans cesse les uns dans les autres, par de continuelles hydratations et déshydratations.

On voit les masses cristallisées de la thénardite avec une poudre subtile, blanche, adhérente à leur surface. Cette poudre est de la même matière que le minéral; mais elle n'est pas formée

par des actions mécaniques. La thénardite a la faculté de subir l'hydratation superficielle, quand elle demeure longtemps au contact de l'air humide; il se forme alors de la mirabilite — sulfate hydraté avec dix molécules d'eau — qui perd peu à peu de l'eau, pour régénérer, à la fin, la thénardite originaire. A son tour, la glaubérite, par efflorescence, à l'égal de la mirabilite, peut se dédoubler dans les sulfates de calcium et de sodium qui la composent. Le gypse est aussi capable de déshydratation et d'hydratation spontanées : précisément, j'ai observé la première de ces transformations dans le gypse fibreux des gîtes de sulfate de sodium. Le minerai tombait en poudre fine et blanche qui était de l'anhydrite ; la poudre qu'on observe sur les grandes lames de gypse en est également. De son côté, l'anhydrite attire l'humidité extérieure et se transforme dans son bihydrate.

Je m'occupe actuellement de l'étude de ces faits ; je suis arrivé à les reproduire en totalité, même à réaliser des mesures préliminaires, et je crois que ce sont des phénomènes de tension superficielle.

Il reste encore une observation à faire sur les colorations de la thénardite. Au premier abord on est incliné à voir, dans ses nuances grisâtres, bleuâtres ou améthyste, des influences directes de la matière organique. Je les avais attribuées à des phénomènes de réduction, avec mise en liberté du soufre qui, dans un état de division extraordinaire, devient bleuâtre, sans compter la variété bleue du soufre. Je dois à l'obligeance de mon ami le professeur Urbain des renseignements sur le spectre d'arc électrique de la thénardite, dans lequel les raies caractéristiques du molybdène sont présentes. Au nord de Madrid, dans les granits, on trouve, à l'état de très grande dissémination, de la molybdénite, et dans l'hypothèse du transport des minéraux salins de sodium et de calcium, partant des terrains plus anciens que celui du gisement actuel, l'argument a quelque valeur, surtout si notre bonne volonté sait sauver les inconvénients : distance, temps et configuration des terrains, ainsi que l'âge des différentes formations. De toutes façons, les données des expériences ont leur valeur propre et positive.

L'étude du sulfate de sodium naturel et de ses différents hydrates, et les connaissances acquises à l'égard de leurs altérations et de leurs mutuelles transformations, sont un exemple bien frappant de reproduction synthétique complète, dans ce sens que nous pouvons faire au laboratoire, en peu de temps relativement, les mêmes réactions chimiques que la Nature a opérées lentement en partant des mêmes éléments. Je dois signaler le rôle si important de la matière organique en sa qualité de réducteur, et celui de l'argile, modifiant l'état physique des corps réagissants et, peut-être, gardant l'eau nécessaire aux phénomènes, ou bien absorbant celle produite dans les déshydratations.

A part les faits exposés, les synthèses minérales déjà faites, et celles qu'on peut réaliser en employant des méthodes par voie humide, sont nombreuses. Nous pouvons les classer selon qu'on opère sous pression ou à la pression ordinaire, seulement entre liquides, ou entre solides et liquides, et avec ou sans intervention des gaz. C'est-à-dire que les pressions, la chaleur et l'état physique des corps soumis aux réactions chimiques sont des influences générales qu'il faut considérer. Ajoutons que, actuellement, il est nécessaire de tenir compte d'autres influences particulières, de la plus haute importance, comme les forces électriques dans les solutions, les phénomènes de diffusion, l'absorption et les propriétés des colloïdes et toutes les conséquences des théories corpusculaires, car, au point de vue où nous sommes placés, dans le moment actuel, les méthodes de la synthèse minérale et ses résultats doivent se ranger à côté des méthodes, des théories et des résultats pratiques de la Chimie moderne.

Une des plus importantes caractéristiques des réactions par voie humide est la lenteur, et depuis les travaux classiques de Becquerel, qui en a si bien profité, on sait le temps que met à cristalliser un corps qui se forme à la surface de séparation de deux liquides de densité différente et capables de réagir sans se mélanger ou en se mélangeant quelquefois, pour donner naissance à de nouveaux corps insolubles, au moins dans un des liquides mis en contact. Le procédé est applicable à l'obtention des hydrates salins, et on le classe parmi les réactions chimiques par diffusion.

VI

Malgré l'extension de leurs applications, les méthodes synthétiques par voie humide ne sont pas si développées que les procédés par la voie sèche. Diverses raisons nous expliquent le fait de la limitation des méthodes dont la pratique est la plus facile. Parmi celles-ci, nous signalerons la presque insolubilité, même à hautes pressions et températures et dans les dissolvants neutres, de plusieurs substances, notamment de la silice et de quelques-unes de ses variétés ou formes, des silicates capables de produire des sels doubles ou multiples et mixtes, l'insolubilité de

certains composés métalliques, qu'il n'est pas possible d'obtenir cristallisés par d'autres moyens, et surtout la connaissance limitée que nous avons à présent des solutions, au point de vue des réactions chimiques synthétiques. Il faut considérer, en même temps, que les méthodes par voie humide ont une limite pour ainsi dire inhérente à leur propre nature, en ce qu'elles s'appliquent seulement, ou avec peu d'exceptions, à la formation de composés hydratés; mais elles servent à nous rendre compte, en une certaine mesure, du mécanisme des formations sédimentaires et métamorphiques les plus connues.

Je crois que, dans l'avenir, les méthodes dont nous nous occupons auront des développements considérables et inattendus. Becquerel même a signalé le chemin à suivre dans ses beaux travaux, en employant les forces électriques, en leur qualité d'agents des métamorphoses chimiques, et profitant de leur intervention dans les phénomènes de la Nature. Je me permets de croire que les doctrines de la dissociation électrolytique, les théories électroniques de certains phénomènes chimiques et leur extension aux états physiques des corps, feront changer les conceptions actuelles de la synthèse minérale, en généralisant ses méthodes, avec le concours des grandes théories scientifiques. Nous serons heureux d'assister au nouvel essor de cette application de la Chimie, si belle et si utile, et aujourd'hui presque abandonnée, quoiqu'on dispose pratiquement d'une si grande échelle de températures et de pressions, des moyens de dissocier les combinaisons les plus réfractaires et d'unir les éléments les plus inertes, comme le montre la préparation des carbures métalliques, des hydrures, des nitrures et des siliciures, tels que le carborundum, lesquels, s'ils n'ont pas de représentants naturels, peuvent avoir été des combinaisons intermédiaires.

Il paraît évident qu'avant de se constituer à l'état cristallin par voie sèche, presque tous les corps ont passé par des états vitreux, et de la même manière, à part les coagulations, presque tous les corps dissous ont été des ions et des colloïdes, bien avant de devenir des cristaux. La dissociation ionique est une propriété des solutions étendues, comme la forme colloïde représente un état physico-chimique de la matière, dont il y a des exemples dans des espèces minéralogiques ; certaines variétés de la silice appartiennent à ce groupe, qui comprend aussi d'autres minéraux. La connaissance de ces états, dans lesquels interviennent directement des forces électriques, ainsi que celle des transformations des ions et des colloïdes, profitera aux méthodes synthétiques et les fera, sans doute, progresser beaucoup dans le chemin de la reproduction fidèle des mécanismes créateurs de la Nature.

L'esprit humain possède une curiosité infinie; la recherche scientifique n'a pas de limites, et la conquête de la vérité est le plus grand but de l'humanité. C'est pour cela qu'on travaille et on travaillera toujours.

Qu'il me soit permis, en finissant ce résumé de mes idées sur les méthodes de la synthèse minérale, de consacrer un souvenir à mon bien regretté ami, feu le professeur Auguste Verneuil, dont la bonté du cœur et l'intelligence supérieure s'unissaient si bien et qui a tant travaillé dans le domaine de la reproduction synthétique des êtres inorganiques.

José Rodriguez Mourelo,
Professeur de Chimie à l'Ecole Industrielle,
Membre de l'Académie des Sciences de Madrid.

LES BALLONS CAPTIFS ALLEMANDS

Le ballon captif sphérique présente de nombreux inconvénients, qui ont amené dès 1895 les aérostiers allemands à étudier des formes nouvelles pour ces engins, dont l'utilité a été reconnue particulièrement efficace dans la guerre actuelle. En particulier lorsqu'il y a un fort vent, le ballon sphérique se couche, ne monte verticalement que pendant quelques centaines de mètres : d'où difficulté d'observation, surtout si on veut travailler à forte altitude, le ballon ne pouvant pas monter.

Le ballon cerf-volant allemand ou « drachen-ballon » (fig. 1) a la forme d'un cylindre allongé terminé par deux hémisphères; pour pouvoir décrire rapidement la constitution de ces ballons cerf-volants, nous diviserons l'étude de cet engin en trois parties : une enveloppe cylindro-sphérique M destinée à recevoir le gaz de gonflement; une série d'organes de stabilisation; des organes d'amarrage avec la nacelle.

La carène M destinée à recevoir le gaz a généralement une longueur voisine de 25 mètres et un diamètre moyen de 6 à 8 mètres : le cubage moyen des ballons allemands s'approche de 850 mètres cubes. Pour que cette enveloppe conserve une forme invariable, les aérostiers allemands ont adapté, à l'arrière, un ballonnet N; de cette façon, la pression du vent et les déperditions de gaz, qui ont pour effet la formation de poches sur l'enveloppe, sont sans action sur les drachen-ballons. Sous l'influence du vent, l'air s'engouffre dans le ballonnet N par la buse antérieure et en sort par deux orifices O qui mettent en communication le ballonnet avec le gouvernail Q dont nous parlerons plus loin. Ce ballonnet N affecte la forme d'un volume cylindro-sphérique sur la partie en contact avec le ballon cerf-volant, limitée d'un côté par l'enveloppe de ce ballon et de l'autre par un diaphragme en étoffe rigoureusement imperméable; un clapet en étoffe s'oppose à la sortie de l'air entré dans le ballonnet. On comprend aisément le fonctionnement et l'utilité du ballonnet : sous l'action du vent, il se gonfle et sa pression intérieure se transmet à travers la cloison dite diaphragme à l'hydrogène contenu dans l'enveloppe, de telle sorte que cette pression agit à la fois à l'extérieur de la carène-enveloppe d'une part et à l'intérieur d'autre part par l'intermédiaire de l'hydrogène. Ainsi donc la partie antérieure du ballon, qui est opposée au vent, reste toujours à la même pression, qui est

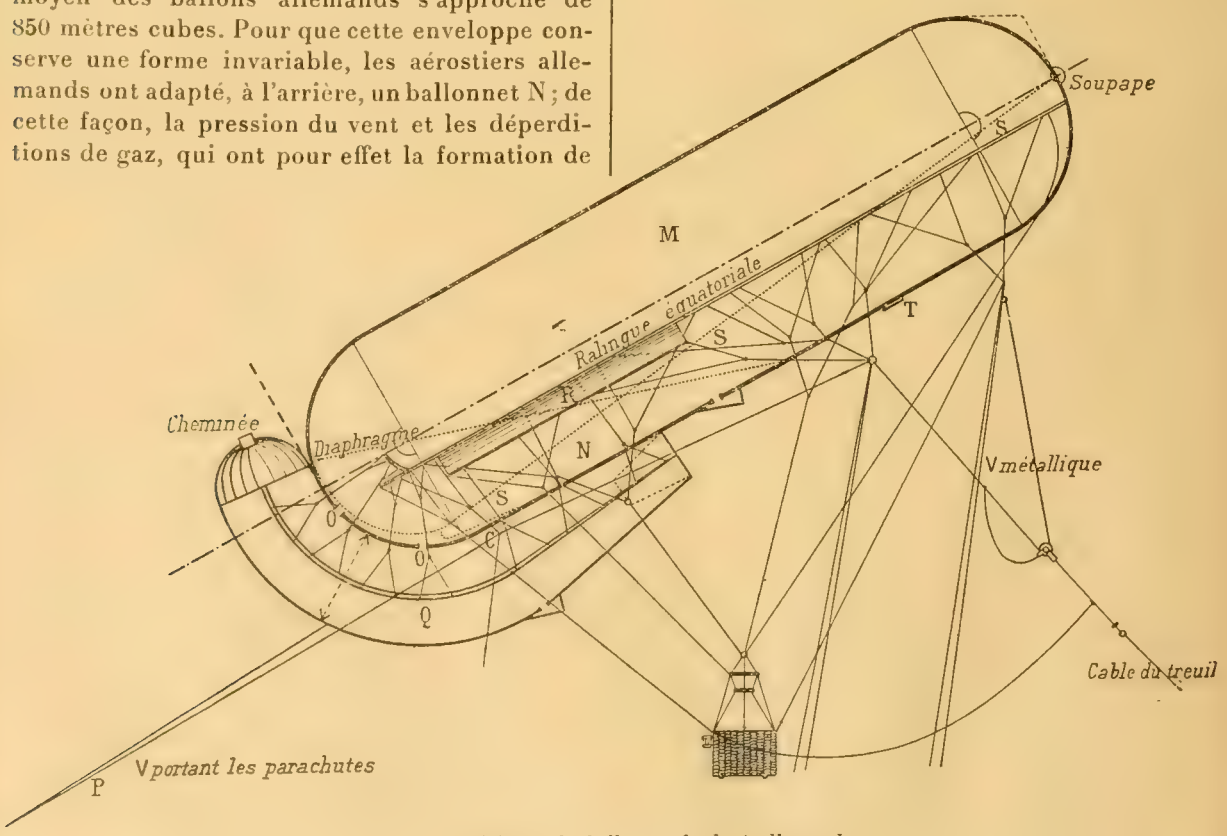


Fig. 1. — *Schéma du ballon cerf-volant allemand.*

M, carène; N, ballonnet; O, orifice de communication entre le ballonnet et le gouvernail; P, queue du ballon; Q, gouvernail; R, aileron; S, chaine de soupape; T, manche de gonflement.

celle du vent augmentée de celle de l'hydrogène.

Afin d'éviter une pression trop élevée dans le ballon, une soupape a été placée à l'avant de celui-ci. Cette soupape est munie d'un clapet qui est réuni par une commande sans extension (une chaînette métallique) à trois points d'attache convenablement disposés sur le diaphragme du ballonnet à air. Quand survient une cause quelconque qui fait augmenter le volume du gaz enfermé dans le ballon, l'air s'échappe du ballonnet dans le gouvernail : la longueur de la chaînette métallique est réglée de telle manière que le clapet se soulève avant que le ballonnet ne soit vidé d'une façon complète. On conçoit qu'avec un pareil dispositif aucune surpression ne soit à craindre dans le ballon.

*
* *

Il apparaît clairement qu'un pareil ballon captif ne possède en lui-même que l'invariabilité de la forme; il n'aurait en réalité aucune stabilité de position dans le vent s'il n'était pourvu de certains organes de stabilisation que nous allons passer en revue : savoir le gouvernail, les ailerons et la queue.

Le gouvernail Q a pour but de donner à ce ballon une orientation parallèle au lit du vent : cet organe est constitué par une sorte de bourrelet pneumatique placé à l'arrière et au-dessous du ballon ; cette poche se gonfle de façon automatique sous l'action du vent comme le ballonnet. L'air y pénètre par une soupape (la buse) analogue à celle du ballonnet, mais la soupape d'évacuation est remplacée dans le cas actuel par une cheminée placée à la partie supérieure du gouvernail. Ce gouvernail, qui est fixé au ballon d'une façon étanche, communique avec le ballonnet par deux orifices O dont nous avons parlé précédemment.

La queue du ballon P est destinée à faciliter l'orientation du ballon dans le lit du vent : elle est constituée par une série de parachutes faisant fonction de queue du cerf-volant et se trouve fixée à l'arrière du ballon. Ces parachutes sont enfilés sur des cordes composées de plusieurs éléments réunis bout à bout par des boucles et des cabillots ; ces parachutes sont renversés et affectent en général la forme de troncs de cône. L'extrémité supérieure de la corde, qui porte ces parachutes, est fixée au sommet d'un V fait en cordage; deux branches de ce V passent dans des cosses de guidage. Un dispositif très simple de cabillots permet de séparer le V des parachutes des cordes de suspension du ballon.

Sur les côtés du ballon et à l'arrière ont été fixés deux ailerons R : ces ailerons sont tout simplement formés par deux surfaces rectangulaires en étoffe, fixées par l'un de leurs grands côtés au niveau de l'équateur qui porte la ralingue de suspension. L'autre grand côté de chacun de ces rectangles est muni de pattes d'oie terminées par deux commandes dites commandes d'ailerons. Ces engins ont pour but de diminuer l'inclinaison du ballon lorsque la vitesse du vent croît : ils contribuent, en d'autres termes, à accroître la poussée verticale du vent et augmentent par suite la force ascensionnelle dynamique de l'appareil.

*
* *

Les drachen-ballons ne sont pas en général munis de filet de suspension. La suspension se fait au moyen d'une ralingue équatoriale, qui est constituée par une série de petites pièces en bois de forme cylindrique encastrées dans un bourrelet en étoffe à ballon fixé le long de l'équateur du ballon. Le câble est relié à l'enveloppe par l'intermédiaire de pattes d'oie fixées le long de cette ceinture équatoriale renforcée. La suspension captive du ballon cerf-volant est entièrement distincte de la suspension de nacelle. D'ailleurs elles sont toutes deux constituées de la même manière, savoir : des régimes de pattes d'oie terminées, comme je le disais plus haut, par des bâtonnets portés par une ralingue d'étoffe entourant le ballon. Les efforts de traction du câble et la charge se répartissent de telle manière que les moments fléchissants sont évités dans l'enveloppe, ce qui est extrêmement important pour la conservation de la forme extérieure du ballon, condition indispensable au bon fonctionnement de l'ensemble.

La suspension captive est constituée par un V en métal à quatre branches et une poulie glissante reliée au câble d'ascension, cette poulie glissante étant formée par un galet tenu dans une double chape.

La suspension de nacelle comprend, en ce qui concerne la suspension supérieure, 5 suspentes (4 latérales et une suspente avant) : ces suspentes sont réunies par des boucles et des cabillots à l'anneau de suspension de nacelle. La suspension inférieure de nacelle comprend une suspension analogue à une suspension libre ; le cercle de cette suspension est réuni par un cône de cordage à une boucle passant dans l'anneau de suspension de nacelle.

Le ballon est manœuvré au moyen d'un treuil à vapeur ou à essence d'une puissance de 6 à 8 chevaux.

*
* *

Pour procéder au gonflement, on doit tout d'abord effectuer quelques opérations préliminaires que nous allons examiner rapidement. La chaîne qui relie le diaphragme du ballonnet au clapet de la soupape se termine par une grande boucle à laquelle aboutit la commande à main de la soupape. Il convient tout d'abord de réunir cette boucle double à l'anneau du clapet au moyen d'un *nœud droit*, en coiffant la soupape. On fixe ensuite la soupape sur le ballon au moyen d'*écrous à oreilles*, en interposant un joint en caoutchouc entre le bois et l'étoffe. La longueur de la chaîne, qui commande automatiquement le clapet, doit être déterminée avec un soin méticuleux, afin qu'elle amène l'ouverture de la soupape avant le gonflement complet de la portion du ballon destinée au gaz. Pour arriver à ce résultat, il faut effectuer, de l'intérieur du ballon, un réglage qui est très délicat. Par conséquent, quand des aérostiers mettent en service un drachen-ballon, ils le gonflent au préalable à l'air pour assurer ce réglage. Pour procéder au gonflement d'un drachen-ballon, on l'étend sur une bâche et on oriente la bâche de telle façon que le long côté du rectangle soit parallèle au lit du vent. On étale le ballon, la soupape faisant face au point d'où vient le vent. On amarre ensuite les cordes de manœuvre ainsi que la suspente avant à des piquets de campement plantés dans le sol vis-à-vis de ces agrès, comme le montre le schéma ci-dessous (fig. 2). On place alors des sacs de lest (au nombre de 70 pour un ballon cubant 800 mètres cubes) tout autour de la ralingue en les accrochant au premier rang des pattes d'oie de la suspension captive ou de la suspension de nacelle.

On vérifie la fermeture de la manche de dégonflement et de son clapet en faisant deux ligatures distinctes et on introduit le gaz dans le ballon. On ne doit arrêter l'arrivée du gaz qu'après s'être assuré du fonctionnement parfait de la soupape automatique.

*
* *

Quand on veut camper le ballon en plein champ, comme le montre la figure 2, celui-ci doit

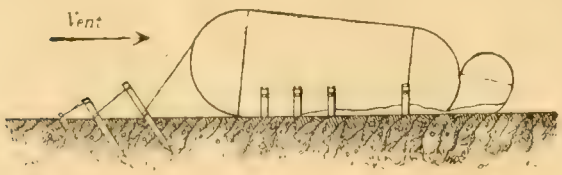


Fig. 2. — *Ballon cerf-volant campé.*

être amarré en plaçant la soupape du côté d'où vient le vent ; on répartit convenablement les sacs de lest autour de la ralingue, les cordes de manœuvre et les suspentes avant de la nacelle étant amarrées à des piquets de campement. Il faut toujours, autant que possible, appliquer d'abord contre le sol la partie arrière du ballon « afin de donner du lâche à la commande automatique de la soupape ». Cette mesure est destinée à éviter une perte inutile de gaz. Ensuite, afin de permettre au ballonnet de se vider facilement, on détache l'entonnoir du gouvernail et on le retourne en avant. Le ballon ayant été ainsi disposé sur le sol et le gouvernail étant vidé d'air, on amène le corps du ballon contre le sol, autant que faire se peut.

*
* *

Les ballons drachen captifs sont employés dans l'armée allemande comme captifs militaires, car nos ennemis ont abandonné depuis longtemps les ballons sphériques. D'ailleurs, dans ces dernières années, leur emploi s'est rapidement généralisé et ils sont utilisés avec succès en Espagne, en Autriche, en Italie, aux Etats-Unis et au Japon. En France, ces ballons sont d'une utilité de tout premier ordre. Chez nous, on utilisait surtout avant la guerre ces engins en limitant leur cubage à 100 mètres cubes, pour enlever des appareils de T. S. F. ou des appareils enregistreurs météorologiques. Dans l'armée allemande, il y a actuellement en service huit types de ballons cerf-volants cubant de 550 à 1.140 mètres cubes, permettant d'enlever des observateurs, et sept types de ballon de 10 à 108 mètres cubes pour la T. S. F., les observations météorologiques et le tir.

Tableau des ballons drachen employés dans l'armée allemande

DRACHEN-BALLONS POUVANT ENLEVER DES OBSERVATEURS				DRACHEN-BALLONS[1] POUR T. S. F., Observations météorologiques, etc.			
Numéros	Diamètre	Cubage	Poids du ballon	Numéros	Diamètre	Cubage	Poids du ballon
1	6 m.	550 m³	355 kg	1	1 m.6	10m³38	6kg2
2	6 23	600	370	2	1 8	14 8	7 5
3	6 30	630	380	3	2 0	20 3	13 5
4	6 55	713	412	4	2 2	27 0	17 5
5	6 65	750	420	5	2 4	35 0	22 3
6	6 82	805	438	6	3 0	66 0	40 0
7	7 50	1000	450	7	3 5	108 0	60 0
8	7 80	1140	506				

1. Les six premiers ballons drachen pour observations météorologiques *ne peuvent être gonflés* qu'à l'hydrogène.

***

Je veux, en terminant cet exposé trop incomplet, montrer quels sont les avantages du drachen-ballon sur le ballon sphérique.

Les oscillations que peut avoir le ballon captif dans le plan vertical sous l'influence des variations de vitesse du vent sont extrêmement diminuées et les observateurs qui montent le ballon peuvent fort bien tenir l'air pendant des vents tumultueux qui empêcheraient de faire n'importe quelle observation en ballon sphérique. Les expériences, qui ont été faites pendant deux ans en Allemagne, ont montré que les ballons drachen peuvent être employés même par vents atteignant des vitesses de 20 mètres à la seconde.

En second lieu, il y a lieu de remarquer qu'une partie de l'effort du vent a pour effet de coucher les sphériques et de les incliner vers le sol; au contraire, en ce qui concerne les drachen-ballons, une partie de l'effort du vent est employée à soulever l'appareil.

La forme allongée que possède le ballon rend son transport très facile, beaucoup plus facile que celui du sphérique. En effet, le ballon drachen offre beaucoup moins de prise au vent et il est bien plus facile à dissimuler durant le transport sur le sol et à masquer derrière des abris ou des branchages, etc. Enfin il est d'un gonflement beaucoup plus aisé; en particulier à bord des navires, pour les observations maritimes, ce gonflement est plus facile à faire à cause du faible encombrement qu'il présente en largeur.

En dernier lieu je dirai que, grâce au mode d'équilibrage qui a été adopté pour les pressions entre l'intérieur et l'extérieur de l'enveloppe, les fuites de gaz qui peuvent se produire par suite des soubresauts de l'appareil sont bien plus faibles que dans les ballons sphériques. De ce fait, les ballons drachen peuvent être employés plus longtemps sans avoir besoin d'être renflués.

En résumé les drachen-ballons, inventés en 1897 par le major von Parseval et le baron de Sigsfeld, solutionnent d'une façon très satisfaisante toutes les difficultés de transport, de gonflement et de manœuvre des ballons captifs sphériques, ainsi que les ennuis graves qui provenaient de leur instabilité dans le vent.

A. Barrelet.

REVUE ANNUELLE D'ASTRONOMIE (1914)

L'année 1914 a vu naître et se développer un état de choses qui, provisoirement au moins, porte aux recherches scientifiques un grave préjudice. Les efforts sans exemple que plusieurs grandes nations s'imposent pour assurer leur indépendance et leur sécurité enlèvent à l'étude du Ciel ses serviteurs les plus actifs et le plus clair de ses ressources matérielles. Même les astronomes que leur âge écarte du service militaire ont moins d'occasions de s'adresser au public, moins d'espoir de retenir son attention. Cet inconvénient doit, à coup sûr, paraître léger en face des sacrifices autrement lourds qui ont été généreusement consentis et qui peuvent être appelés à s'accroître encore. Doit-on se flatter que, le tumulte des armes une fois apaisé, un règlement conforme à la justice ouvrira pour l'astronomie une longue période d'émulation loyale et de progrès rapides? Ce vœu ne semblera pas trop téméraire si l'on se rappelle ce qui s'est produit après la guerre de Trente Ans au XVIIe siècle, après la tourmente révolutionnaire au XIXe. Maintenir, aux heures les plus troublées, la tradition et l'estime des études désintéressées, est encore, pour ceux qui ne peuvent mieux faire, une façon de s'acquitter envers la patrie.

I. — Soleil

L'ouverture des hostilités a surpris de nombreux astronomes au cours d'expéditions entreprises pour observer l'éclipse totale du 21 août. Quelques missionnaires ont abandonné leurs projets pour répondre à un ordre de mobilisation. D'autres ont dû changer leurs plans au dernier moment ou subir l'internement en pays ennemi. La bande de totalité traversait la Norvège, la Suède et une grande partie de la Russie. La statistique faisait prévoir des conditions météorologiques meilleures dans le Sud que dans le Nord. En réalité, c'est plutôt le contraire qui s'est produit. L'éclat de la couronne et de ses rayons a dépassé l'attente générale. Les parties extrêmes de spectre éclair ont pu être photographiées pour l'ultra-violet par MM. Jones et Davidson, pour l'infra-rouge par MM. Carrasco et Ascarra. La ligne verte du coronium ne s'est pas montrée, l'activité solaire ne s'étant point encore suffisamment relevée à la suite du minimum de 1912.

Mais MM. Bosler et Block ont photographié dans le spectre de la couronne une ligne rouge bien apparente, qui n'avait pas encore été signalée, et qui ne caractérise aucun élément terrestre. Leur cliché indique aussi pour la couronne une vitesse de rotation voisine de celle qui a été trouvée en 1898 par M. Campbell.

Pas plus qu'à l'occasion des éclipses totales antérieures, on n'a réussi à voir près du Soleil les comètes ou planètes nouvelles que l'on est cependant porté à croire assez communes dans cette région. Les petits objets lumineux aperçus en grand nombre par M. W. H. Steavenson et d'autres observateurs paraissent n'être que de menus fragments de végétaux flottant dans l'atmosphère terrestre. Par un temps calme, leur mouvement peut être assez lent pour faire naître l'illusion d'une origine cosmique.

Les photographies spectrales d'éclipses antérieures, discutées par MM. Mitchell et Saint-John[1], confirment l'opinion que l'intensité relative des lignes de Fraunhofer faiblit à mesure qu'elles sont données par des couches plus profondes. L'isolement des stratifications supérieures, réalisé au moment des éclipses par l'interposition de la Lune, peut être obtenu en temps ordinaire au moyen du spectrohéliographe, et cette méthode continue d'être suivie à l'Observatoire de Meudon avec autant de persévérance que de succès. L'examen des clichés des dernières années montre que les filaments de calcium et d'hydrogène se raréfient aux époques de minimum, avec un certain retard par rapport aux taches. Mais les alignements, plus étendus, formant lien entre les protubérances et les facules, se maintiennent sans déchet sensible. L'étude des mouvements dans les protubérances indique un affaiblissement rapide du champ magnétique quand on s'élève au-dessus de la photosphère.

On sait que ce champ ne suffit pas pour expliquer l'action du Soleil sur le magnétisme terrestre, action révélée par deux ordres de faits : oscillation plus ample de l'aiguille aimantée quand le nombre des taches augmente, coïncidence des orages magnétiques avec la présence de grandes taches sur le disque. Si la réalité de l'influence n'est pas contestée, le mécanisme demeure obscur, et tous les modes de transmission imaginés ont donné lieu à des objections. Dans ces derniers temps, l'hypothèse d'une émission de particules électrisées, provenant des parties tachées du Soleil, a été examinée de plus près. M. Birkeland a réalisé des imitations expérimentales avec une sphère métallique rendue inégalement conductrice, et le professeur Störmer a fait la théorie mathématique du trajet des corpuscules électrisés dans l'atmosphère. Cette théorie se trouve confirmée par la mesure de la hauteur des franges dans diverses aurores boréales, mesure obtenue par des photographies simultanées dans deux stations associées. En somme, le résultat est plutôt favorable à l'hypothèse corpusculaire. Mais, pour expliquer que le faisceau ne soit pas complètement dispersé par la répulsion électrique avant d'atteindre la Terre, il faut concéder au Soleil la faculté d'émettre des particules avec une vitesse comparable à celle de la lumière et non encore réalisée dans nos laboratoires.

Il est possible que le Soleil doive ce privilège, et d'autres encore, à sa température très élevée. Cette température a encore fait dernièrement l'objet de plusieurs déterminations nouvelles, bien qu'on ne soit pas sûr de pouvoir lui attribuer un sens précis. Les chiffres obtenus par M. Shook varient largement (de 5.000 à 9.000 degrés centigrades) suivant que l'on isole les rayons de telle ou telle couleur. A cet égard le Soleil est loin d'être assimilable au corps noir théorique des physiciens.

Les diverses formes de l'activité solaire ont montré un accroissement régulier en 1914. Les statistiques de l'Observatoire de Kodaikanal confirment le retard habituel des protubérances par rapport aux taches. Bien que la marche des deux phénomènes soit parallèle, on ne remarque pas que les parties tachées du Soleil soient spécialement fertiles en protubérances. La prédominance numérique des protubérances du bord Est sur celles du bord Ouest, prédominance constatée sans interruption pour huit années, de 1905 à 1912, ne ressort plus des moyennes de 1913 ni de celles de 1914.

Des discussions intéressantes se sont produites au sujet du déplacement vers le rouge que manifestent les raies d'absorption du spectre solaire, quand on les compare à des raies terrestres de même origine chimique. Cette tendance paraît être générale quand on a tenu compte de le composante radiale due à la rotation du Soleil. Le fait, signalé il y a longtemps par Jewell, n'a trouvé crédit qu'à la longue. Les recherches modernes le confirment, mais on n'est point d'accord sur l'explication. MM. Fabry et Buisson[1] y voient l'indice d'une pression assez forte (5 à 7 atmosphères) régnant dans la couche où prennent naissance les raies de Fraunhofer.

1. *Astrophysical Journal*, vol. XL, p. 356.

1. *Astrophysical Journal*, vol. XXXI, p 114.

Mais cette explication semble peu conciliable avec la finesse de certaines raies et avec le fait, constaté par M. St. John, que les raies fortes sont plus déplacées que les faibles. Aussi M. Evershed[1] préfère considérer ce déplacement des raies comme un effet de vitesse. Les vapeurs absorbantes iraient en se rapprochant du centre du Soleil, d'un mouvement ralenti à mesure que la pression augmente. Mais, d'autre part, MM. Hale et Adams trouvent que le déplacement relatif vers le rouge s'accentue quand on passe du centre au bord du disque et, dans ce dernier cas, la composante radiale d'un mouvement centripète devrait disparaître. Le Dr Julius[2] espère éviter ces difficultés en admettant qu'il se produit dans l'atmosphère solaire une dispersion anomale, d'amplitude variable suivant l'origine des raies. Cette tentative n'est pas envisagée avec beaucoup de confiance, car les expériences de laboratoire où se manifeste la dispersion anomale n'affectent jamais qu'un petit nombre de raies et leur impriment des déformations que ne montre pas le Soleil. Le débat reste donc ouvert.

Jusqu'à ces derniers temps, l'hémisphère Nord de notre globe a été seul à posséder des observatoires bien situés et pourvus d'instruments puissants en vue de l'étude spéciale de la surface du Soleil. L'homogénéité et la valeur des statistiques en souffraient sensiblement. D'après une communication de Miss Mary Proctor à la *Royal Astronomical Society*, on peut prévoir que cette lacune va bientôt disparaître par la fondation d'un établissement de premier ordre en Nouvelle-Zélande. Le succès de l'entreprise semble assuré par la libéralité de M. Thomas Cawthron. D'autre part, les études comparatives faites par M. et Mme Evershed en diverses stations de l'Inde montrent que les conditions les plus propices aux recherches solaires doivent se trouver sur un plateau élevé plutôt que sur un sommet de montagne.

II. — Comètes

Entre le Soleil et les comètes, quel est le véritable lien de filiation? L'opinion ancienne, accréditée par l'autorité de Laplace, qui considérait les comètes comme étrangères par leur origine au système solaire, n'a plus guère de partisans. Les calculs plus rigoureux de MM. L. Fabry, Fayet, Strömgren, ont fait rentrer dans l'ordre toutes les comètes dont l'orbite avait été trouvée hyperbolique, ou montré qu'elles n'avaient acquis ce caractère que par l'action perturbatrice des planètes. On s'était habitué à croire que les comètes ont été rejetées par le Soleil et qu'elles se désagrègent à la longue en météores. Dans une remarquable discussion des hypothèses cosmogoniques modernes, M. R. T. A. Innes propose de renverser cet ordre. Les comètes, pour lui, se forment par agglomération progressive de météores. Le Soleil (ou une étoile du type solaire) se constitue par une agglomération de comètes. Une nébuleuse, une étoile blanche, naissent de la dilatation, probablement brusque, d'une étoile jaune.

La préférence de M. Innes est principalement fondée sur la forte densité des météores, sur la faible densité du Soleil, et sur le chiffre encore plus réduit trouvé pour la densité des étoiles de spectre simple et de grande masse. Un corps céleste ne saurait, d'après cela, garder une forte densité quand sa masse vient à s'accroître. Cet accroissement même le rend instable et explosif. La pression gravitationnelle au centre devient excessive; elle provoque une libération de l'énergie intraatomique et une mutation des éléments lourds en éléments de poids atomique moindre. S'il y a explosion d'une partie seulement de la masse, un fragment projeté peut devenir une planète. La scission est suivie d'une agitation rythmique, qui peut être l'origine de la périodicité des taches solaires. Si l'explosion porte sur le corps entier, il y a transformation de l'étoile solaire en étoile hydrogénée, en étoile à hélium ou même en nébuleuse. Dans ce dernier cas, les éléments de fort poids atomique ont disparu. L'entropie du système est portée au maximum, l'énergie intraatomique est réduite au minimum.

Ces métamorphoses, pour M. Innes, ne sont pas réversibles. Une comète ne se dissout que par accident; une nébuleuse n'est pas en voie de se condenser en étoiles; le Soleil n'est pas menacé de s'éteindre, et l'on aurait tort de s'étonner de ce que l'on ne rencontre pas d'étoiles obscures. Nous sommes donc, en un sens, rassurés sur l'avenir du Soleil; mais nous voyons poindre un autre danger. La Terre est peut être déjà bien dense pour subsister sous sa forme actuelle, et l'activité volcanique qui s'y manifeste serait le signe précurseur d'une libération de l'énergie atomique. Le reproche que l'on pourrait faire à l'exposé, d'ailleurs très séduisant, de M. Innes, c'est qu'il laisse un caractère assez mystérieux au fait considéré par Laplace comme primordial : la faiblesse générale des excentricités et des inclinaisons dans les planètes et les satellites.

1. *The Observatory*, Vol. XXXVII, pp. 124, 388.
2. *The Observatory*, Vol. XXXVII, p. 252.

Les comètes observées en 1914 n'ont rien manifesté de bien inattendu. L'une d'elles (1913 *f* Delavan) a été visible dans tous les mois de l'année, sauf avril, mai, juin, et son éclat est devenu assez vif en septembre. Les comètes 1914 *b* (Zlatinsky) et 1914 *c* (Neujmin) ont circulé dans des orbites déjà parcourues antérieurement par d'autres astres, mais sans se confondre avec eux. La seconde famille ainsi mise en évidence est remarquable par la grandeur de sa distance périhélie.

On savait déjà que l'essaim météorique des Aquarides, visible en mai, suit la route de la célèbre comète de Halley. M. Svoboda a montré qu'il en est de même d'un autre essaim, visible en octobre, et dont le point radiant est dans la constellation d'Orion.

III. — Planètes

Les découvertes de petites planètes, faites presque toutes sur des clichés à longue pose, ont encore été nombreuses. Le zèle des calculateurs ne se ralentit pas en face de cette armée croissante. Deux mémoires de M. L. Fabry, l'un sur les perturbations dans les orbites circulaires, l'autre sur la rectification des orbites par des observations nouvelles, leur faciliteront la tâche. A peine publiées, les méthodes de M. Fabry ont prouvé leur efficacité par des applications variées, faites en partie avec le concours de M. Blondel. A Nice, à Toulouse, à Alger, on a retrouvé des planètes perdues, identifié des astres dont on ne possédait que des observations rares ou trop anciennes. Même avec des éphémérides passablement exactes, la recherche de ces astres si faibles est encore pénible. On l'abrège beaucoup, comme l'ont montré les expériences faites à l'Observatoire de Nice, par l'emploi du comparateur photovisuel de M. Lagrula.

Le grand travail qui se poursuit sous la direction de M. E. W. Brown pour l'établissement d'une nouvelle théorie de la Lune et la confrontation de cette théorie avec les observations anciennes donne une base solide à l'opinion que notre satellite est sollicité par une force qui diffère de l'attraction newtonienne et ne disparaît pas devant elle. Une particularité curieuse, mise dernièrement en évidence, consiste en ce que la moyenne des latitudes de la Lune, mesurées au cours d'un long intervalle de temps, ne tend pas vers zéro. Il semblerait donc que l'orbite est coupée en deux parties inégales par le plan de l'écliptique. Mais M. Brown croit plutôt que la forme irrégulière de la Lune introduit une petite erreur systématique dans l'estime de la position du centre [1].

Le système de Jupiter s'est enrichi d'un neuvième satellite, trouvé par M. S. B. Nicholson sur un cliché de l'Observatoire Lick (21 juillet 1914). Le nouvel astre, extrêmement faible, n'est accessible qu'aux plus puissants instruments. Sa révolution, rétrograde, se fait en trois ans, et il est à prévoir que les perturbations solaires seront encore plus grandes que dans le cas, déjà si épineux, du satellite VIII. Il semble qu'à partir d'une certaine limite de distance les planètes n'admettent plus des satellites rétrogrades, et cette circonstance est en faveur de la théorie du renversement progressif des rotations par les marées, théorie développée par Sir G.-H. Darwin et par M. Stratton.

IV. — Etoiles

Il n'en reste pas moins vrai que, dans le système solaire, le parallélisme des axes de rotation et des axes des orbites est aujourd'hui à peu près réalisé. Une loi analogue se dégage-t-elle en ce qui concerne les étoiles? Leurs mouvements de rotation proprement dits nous échappent, mais on dispose dès à présent de données nombreuses relatives aux plans des orbites des étoiles doubles et aux courants généraux qui emportent certaines familles stellaires.

L'orientation des orbites a fait l'objet d'une récente étude de M. Poor. Si les axes des orbites ont une préférence pour une certaine direction, il doit exister un grand cercle de la sphère céleste au voisinage duquel l'allongement moyen des orbites apparentes sera maximum. On n'aurait pas été surpris de voir ce plan coïncider à peu près avec l'équateur galactique, qui commande la distribution apparente des étoiles. Les pôles des orbites seraient alors rassemblés autour du pôle de la Voie lactée. D'après M. Poor, le groupement des pôles des orbites se fait, au contraire, autour du vertex de M. Schwarzschild, c'est-à-dire autour du point, situé près de la Voie lactée, qui désigne la direction préférée de l'ensemble des mouvements stellaires.

Chaque groupe d'étoiles pour lequel on possède à la fois des valeurs du mouvement angulaire apparent et des valeurs des vitesses radiales permet de conclure un apex, c'est-à-dire une direction de la translation du système solaire, et un vertex, c'est-à-dire une direction préférée des

1. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. LXXIV, p. 156.

étoiles. Ces déterminations prennent naturellement d'autant plus de valeur que la famille considérée s'écarte moins du parallélisme et que les spectres y présentent plus d'analogie. Les sources principales de renseignements sont : pour les mouvements angulaires apparents le *Catalogue Préliminaire Général* de L. Boss, pour la vitesse radiale les publications de l'Observatoire Lick, pour le caractère du spectre les publications de l'Observatoire de Harvard College. A défaut de données suffisantes sur la vitesse radiale, on sera tenté d'y suppléer en admettant que le mouvement réel est parallèle au plan galactique.

Des travaux très intéressants, poursuivis dans cet ordre d'idées, ont vu le jour dans ces derniers temps. M. B. Boss [1] partage les étoiles en groupes suivant l'ordre de la classification de Harvard College, qui est celui d'une complication croissante du spectre. Il trouve pour l'apex des positions réparties non loin de la Voie lactée, autour de deux centres différents suivant que l'on considère les premières classes spectrales de Harvard (A, B, F) ou les dernières (K, L, M). M. Raymond établit l'existence d'une distribution analogue pour le vertex. Le type spectral G est en désaccord avec ses voisins, aussi bien pour la position de l'apex que pour celle du vertex. Quand on passe à un type spectral plus avancé, il y a tendance à l'accroissement général des vitesses, et, en même temps, la préférence des étoiles pour une direction particulière devient moins marquée. Quand on arrive aux étoiles rouges, c'est à peine si l'on peut dire encore qu'il y ait une direction préférée. Quelle que soit la classe spectrale considérée, il y a un écart systématique de près de 10° dans la déclinaison de l'apex, suivant qu'on se guide, pour le déterminer, sur les mouvements angulaires apparents ou sur les vitesses radiales.

D'autres corrélations curieuses entre les caractères des étoiles ont été mises en évidence par les études de M. H. N. Russell. Si, à son exemple, on appelle géantes les étoiles dont l'éclat intrinsèque est très supérieur à celui du Soleil, naines celles dont l'éclat intrinsèque est très inférieur, on trouve que les étoiles rouges (classes K et M) rentrent dans l'un ou l'autre de ces types extrêmes, toutes les fois que leur parallaxe est connue. Les classes A, F, G, plus analogues au Soleil, renferment surtout des exemplaires moyens, la classe B ne compte que des étoiles géantes. M. Russell pense que le type B représente un état exceptionnel, de haute température, atteint seulement par les étoiles les plus massives au cours de leur carrière. La teinte rouge, au contraire, pourrait se présenter aussi bien dans l'enfance que dans la vieillesse d'un astre. La division des étoiles rouges en deux groupes tranchés est confirmée, d'après M. Dyson, par la discussion des mouvements propres au voisinage du pôle Nord.

Les clichés de Franklin Adams, qui ont enregistré toutes les étoiles du Ciel jusqu'à la 16e grandeur, ont fait l'objet, à l'Observatoire de Greenwich, de dénombrements complets, par classe de grandeur et par région. MM. Chapman et Melotte ont trouvé ainsi que l'enrichissement du ciel vers la Voie lactée se maintient à fort peu près le même entre les grandeurs 7 et 17. Jusqu'ici on admettait en général un taux d'enrichissement plus rapide pour les étoiles faibles.

Les mêmes documents permettent de préciser davantage la relation entre le nombre des étoiles comprises dans une certaine classe de grandeur et le numéro de cette classe. Le premier nombre n'augmente pas sans limite avec le second, mais passe par un maximum et paraît devoir se réduire à zéro. On est ainsi autorisé à limiter l'étendue du monde stellaire, le nombre des étoiles, la lumière totale qu'elles nous envoient.

De ces dénombrements il résulte que la région la plus riche du Ciel est la partie de la Voie lactée comprise dans la constellation du Navire. Comme il se trouve dans cette région un astre très brillant (Canopus) dénué de mouvement propre et de parallaxe sensible, M. Walkey propose de considérer cette étoile comme le centre du monde stellaire. Ce privilège, analogue à celui que Mädler a voulu autrefois conférer au groupe des Pléiades, semblera sans doute excessif. Toutefois, si la distribution des étoiles a présenté, à un moment donné, une certaine uniformité, on trouvera vraisemblable que leurs mouvements ultérieurs soient régis approximativement par les lois de Képler, et que les orbites très allongées y soient de beaucoup les plus nombreuses, comme chez les comètes. M. Turner a fait remarquer que l'on justifie ainsi la division des étoiles en trois classes principales, division suggérée par l'étude empirique des mouvements propres.

Les étoiles de la classe B, dont la vitesse est uniformément faible, seraient toutes contemporaines, et voisines de l'extrémité la plus lointaine de leur excursion. Le problème du mouvement d'une étoile soumise à l'attraction combinée de toutes les autres a été aussi abordé au point de vue dynamique par M. Eddington, qui a mis à l'épreuve diverses lois simples reliant la densité

1. *Astronomical Journal*, nos 668-669.

stellaire ou la vitesse moyenne à la distance au centre. Aucune des lois essayées ne s'est révélée comme devant être l'objet d'une préférence nette.

V. — Nébuleuses

C'est encore en s'aidant de la collection photographique de Franklin Adams que MM. Hardcastle et Hinks ont pu construire de nouvelles cartes de la répartition des nébuleuses. Ces cartes sont loin d'embrasser les plus faibles nébuleuses connues, mais elles se recommandent par leur caractère homogène et impartial. Si l'on s'attache en particulier aux nébuleuses qui affectent la forme de spirales ou de fuseaux allongés, on trouve qu'elles sont très inégalement distribuées, sans que leur fréquence dépende de la distance à la Voie lactée. En particulier de vastes régions du Ciel se montrent tout à fait dénuées de fuseaux.

Certaines variations brusques de la densité stellaire, l'absence générale de nébulosité près des étoiles rouges et jaunes, accréditent l'idée qu'il existe une liaison physique, mais non permanente, entre diverses nébuleuses et les étoiles. La nature de cette relation semble devoir être éclaircie par une observation de M. W. H. Wright, qui a réussi à séparer, dans une nébuleuse planétaire, le spectre du noyau de celui de l'enveloppe. Le noyau est seul à fournir un spectre continu et présente tous les caractères d'une étoile Wolf-Rayet. D'autre part, M. Slipher a photographié à l'Observatoire Lowell un spectre de nébuleuse en fuseau où les raies sont assez inclinées pour faire admettre l'existence d'un mouvement de rotation autour d'un axe.

On ne doit évidemment pas s'attendre à englober dans une formule aussi simple les mouvements internes d'une nébuleuse étendue et irrégulière comme celle d'Orion. Ce problème en apparence si ardu a fait un pas considérable par la publication d'un travail exécuté à l'Observatoire de Marseille par MM. H. Buisson, C. Fabry et H. Bourget[1]. Ils ont eu recours à la méthode interférentielle inaugurée par Michelson pour la mesure précise des longueurs d'onde et dont il a été fait d'heureuses applications au Soleil par M. Pérot. On reçoit un faisceau monochromatique de rayons parallèles sur un système de deux lames parallèles semi-transparentes : le faisceau sortant est concentré par une lentille sur une plaque photographique. Il se produit une interférence entre les rayons transmis directement et les rayons réfléchis dans l'intervalle des deux lames, et l'image obtenue comprend une série d'anneaux concentriques alternativement clairs et obscurs. L'ordre d'interférence se détermine en photographiant dans les mêmes conditions la lumière monochromatique d'une lampe à vapeur de mercure. La lumière étrangère s'élimine par un choix convenable d'écrans colorés. La disparition des anneaux d'interférence s'obtient pour une série de valeurs données à l'intervalle des deux lames.

Les mêmes artifices s'appliquent à une nébuleuse dont la lumière, concentrée au foyer d'un miroir parabolique, a été ensuite rendue parallèle par une lentille collimatrice. On isole dans la lumière de la nébuleuse soit la radiation H_γ de l'hydrogène, soit une des radiations caractéristiques attribuées au nébulium. Les différences de vitesse radiale se traduisent par des irrégularités dans les anneaux et il est possible de faire correspondre chaque point d'un anneau à un point particulier de la nébuleuse.

Des poses de deux heures environ ont été nécessaires pour l'objet céleste, alors que 10 secondes suffisent pour la source artificielle.

De l'étude des clichés on a déduit la grandeur de la vitesse radiale en divers points, la largeur de la raie H_γ pour une dispersion donnée, une limite supérieure de la température, les valeurs plus exactes des longueurs d'onde, le rapport des poids atomiques de l'hydrogène et de la substance inconnue. Il a fallu supposer dans la nébuleuse une certaine uniformité de température et une densité du même ordre que celle que l'on réalise dans un tube de Geissler.

Les conclusions de ce beau travail, qui a obtenu le suffrage de Lord Rayleigh[1], sont suggestives au plus haut degré. Elles assignent aux vitesses dans la nébuleuse des valeurs modérées, voisines de 15 kilomètres par seconde. Elles révèlent comme source de la principale radiation une substance dont le poids atomique serait triple de celui de l'hydrogène. Ce corps n'est pas connu dans nos laboratoires, mais son existence avait été prévue théoriquement par M. Nicholson qui l'avait nommé *archonium*. Cette fois encore l'Astronomie aura été une précieuse auxiliaire pour la Chimie physique.

P. Puiseux,
Membre de l'Institut,
Astronome à l'Observatoire de Paris.

1. Voir *Astrophysical Journal*, oct. 1914.

1. *Philosophical Magazine*, février 1915.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Borel (Emile), *Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.* — **Le Hasard.** — *1 vol. in-16 de 312 pages de la Nouvelle Collection scientifique. (Prix : 3 fr. 50.) F. Alcan, éditeur, Paris,* 1914.

La question du « hasard » est une de celles qui préoccupent toujours plus ou moins consciemment l'esprit des foules; on échange volontiers des idées, mais l'accord est difficile à réaliser entre partisans et adversaires du déterminisme; les nombreuses discussions auxquelles on assiste ne servent qu'à mettre en évidence la raison des divergences d'opinion; elles résultent des différences d'éducation ou plutôt d'instruction. Il est impossible, en effet, que des mathématiciens, d'une part, et la grande majorité des personnes non initiées à la science du calcul, d'autre part, puissent aborder à un point de vue commun les problèmes du hasard.

Ce n'est pas cependant que beaucoup d'auteurs n'aient essayé de vulgariser les théories qui permettent de discuter la notion du hasard, mais je crois bien qu'il est impossible de convaincre ceux qui, faute de connaissances mathématiques, ne peuvent trouver dans les formules une preuve tangible et irréfutable de l'application rigoureuse des lois du hasard.

Il est vrai que nombre de gens se rallient sans hésiter aux affirmations des savants, mais seulement en ce qui concerne des théories dont l'accès paraît inabordable ; tandis que, sur le hasard, tout le monde croit pouvoir discuter avec le sentiment de connaître admirablement la question. Je pense que la lecture attentive du livre de M. Borel donnera une notion exacte des difficultés qu'il faut surmonter pour avoir une opinion bien arrêtée sur le hasard.

Dans la première partie, l'auteur expose la théorie du hasard au point de vue purement mathématique, c'est-à-dire la théorie des probabilités; évidemment, la lecture de cette partie ne remplace pas l'étude d'un traité du Calcul des probabilités, mais on peut dire que ces quelques pages forment un résumé remarquablement clair du livre que M. Borel a consacré à ce calcul; — quelques paragraphes relatifs à une discussion avec M. Le Dantec donnent une idée très nette des divergences d'opinion qui peuvent se présenter, même entre gens de science.

Le second chapitre est particulièrement intéressant pour les lecteurs, et nous regrettons que l'auteur ait dû abréger son exposé; on ne peut mieux faire que de citer :

« L'idée que je voudrais dégager de ce qui précède, c'est que la réponse mathématique à donner à bien des questions pratiques est un *coefficient de probabilité.* Une telle réponse ne paraîtra pas satisfaisante à bien des esprits, qui attendent des Mathématiques la certitude. C'est là une tendance très fâcheuse; il est extrêmement regrettable que l'éducation du public soit, à ce point de vue, si peu avancée; cela tient sans doute à ce que la théorie des probabilités est à peu près universellement ignorée, bien qu'elle pénètre chaque jour davantage dans la vie de chacun (assurances diverses, mutualités, retraites, etc.). Un coefficient de probabilité constitue une réponse tout à fait claire, correspondant à une réalité absolument tangible. Certains esprits maintiendront qu'ils « préfèrent » la certitude : ils « préféreraient » peut-être aussi que 2 et 2 fissent 5.

« Si la notion de *vérité statistique* devenait familière à tous ceux qui parlent ou écrivent au sujet de questions où la vérité statistique est la seule vérité, bien des sophismes et bien des paradoxes seraient évités. »

Peut-on mieux exprimer le doute qui enserre l'observateur réfléchi et l'effort qu'il doit produire pour en triompher?

Cette partie de l'ouvrage de M. Borel contient également une analyse sommaire de l'œuvre de Quetelet et une réponse aux critiques de Bertrand, sur l'homme moyen; — nous aurions voulu y voir figurer l'article si curieux et si intéressant que l'auteur a fait paraître sur l'hérédité dans le numéro de juillet 1914 de *Science et Vie.*

En fait, M. Borel insiste sur ce point : « Les observations d'unités sont bien souvent sans intérêt; seules les observations de collectivités donnent des résultats appréciables, capables de faire avancer une connaissance, et même, quoi qu'on en ait dit, d'arriver à nous faire percevoir les causes, grâce à l'application *correcte* des méthodes de corrélation statistique. »

Il faut lire les passages que M. Borel a consacrés à l'étude de la valeur pratique des lois du hasard au point de vue sociologique, et qui permettent de dégager la valeur éducative du calcul des probabilités, dans l'effort dirigé contre l'individualisme inintelligent.

L'auteur insiste avec raison sur les dangers que fait naître la connaissance des risques, dans l'esprit de personnes qui s'effraient sans raison d'un événement relativement négligeable, et ne tiennent pas compte d'événements beaucoup plus dangereux, mais qui leur sont familiers.

Et dit-il :

« On n'a rien à redouter du calcul, lorsqu'on est décidé à ne pas régler sa conduite sur ses indications sans les avoir au préalable pesées à leur juste valeur : c'est une illusion singulière que de penser que l'indépendance individuelle est accrue par l'ignorance. »

Nous ne voulons pas en dire davantage sur le livre de M. Borel; nous devons toutefois indiquer que, dans le dernier chapitre sur la portée philosophique des lois du hasard, l'auteur arrive à montrer que le déterminisme scientifique est loin d'être absolu, et qu'on devrait l'appeler déterminisme « statistique »; — il laisse, en effet, place au libre arbitre, et c'est une concession qui ne sera pas sans satisfaire la plupart d'entre nous.

En somme, ce livre, dont la guerre a retardé, trop à mon gré, une analyse sommaire, est un de ceux qui font penser et sa lecture est à conseiller aux défenseurs de la patrie; ils y puiseront un élément de force morale en acquérant une quiétude d'esprit réelle sur les chances qu'ils ont de se sacrifier complètement; ils feront des probabilités *a priori* et..... peut-être plus tard pourront-ils calculer des probabilités *a posteriori;* en tout cas, ils auront lu un beau livre admirablement bien écrit et je souhaite qu'ils puissent se joindre à moi pour remercier M. Borel de l'avoir publié.

A. Barriol,
Secrétaire général
de la Société de Statistique de Paris.

2° Sciences physiques

Ariès (E.), *Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.* — **Chimie physique élémentaire.** *Tome I :* **Les principes généraux de la Statique chimique.** — *1 vol. in-8° de XXV et 212 pages. (Prix : 4 fr.) A. Hermann, éditeur. Paris,* 1914.

Comme l'indique le sous-titre, ce livre est plutôt un ouvrage de Thermodynamique que de Chimie physique proprement dite. Suivant l'exemple de Gibbs et de Duhem, l'auteur cherche à établir les lois générales sur la base inébranlable des deux principes de l'énergie.

M. Ariès commence par parler des *fonctions caractéristiques* unissant l'énergie interne, la température, l'entropie, la pression et le volume des corps qui ne subissent pas de transformations chimiques ; il en tire les relations qui existent entre les coefficients indépendants de la thermoélasticité : coefficients de dilatation et chaleur sspécifiques, coefficients de compressibilité, chaleur de dilatation... Puis, par un raisonnement que nous retrouverons dans tout le cours de l'ouvrage, il expose les conséquences de la loi de la dissipation de l'énergie : tout système qui subit une transformation spontanée, laquelle ne saurait être qu'irréversible, donne lieu à une augmentation de l'entropie dans l'ensemble constitué par le système et par le milieu dans lequel il est plongé. On démontre ainsi que les chaleurs spécifiques et les coefficients de compressibilité sont toujours positifs, et que les autres coefficients ont constamment le même signe pour le même état du corps.

Pour étudier l'énergie et l'équilibre chimiques, il faut introduire la composition du mélange dans les fonctions caractéristiques. Nous arrivons ainsi à la notion du *potentiel chimique* de Gibbs, et à ses importantes propriétés. Par exemple, l'addition d'une nouvelle quantité de l'un des constituants d'un mélange fait croître le potentiel chimique de cette substance ; le potentiel de l'une quelconque des substances actives a la même valeur dans toutes les phases que cette substance occupe.

Viennent ensuite les deux théorèmes sur la condition nécessaire et suffisante de l'équilibre stable : entropie maximum, énergie minimum ; puis les lois célèbres du déplacement de l'équilibre sous l'action de la pression (loi de Le Châtelier) et sous l'action de la température (loi de van't Hoff), à l'exposé desquelles M. Ariès apporte un soin tout spécial.

Un chapitre entier est consacré à la loi de l'action de masse, qui joue un si grand rôle en Chimie : « l'addition d'une des substances actives dans un système dont on maintient invariables la pression ou le volume et la température ou l'entropie, provoque toutes les réactions chimiques qui absorbent et font disparaître une partie de cette substance ». Cet énoncé précis et général s'applique à tous les états de la matière ; il donne donc toute satisfaction au chimiste. Cependant, malgré ces qualités, il ne sera peut-être pas inutile de recourir aussi à la démonstration plus rapide, et partant plus suggestive, de van't Hoff, qui sans doute ne se rapporte qu'à l'état dilué, mais possède l'avantage de ne s'appuyer que sur l'expression très simple du travail d'un cycle réversible et isotherme. — Nous en dirons autant de la formule de Clapeyron, qui est en somme la formule générale de systèmes univariants ; à côté des discussions savantes de M. Ariès, on se reportera aussi volontiers à la démonstration directe, à l'aide du cycle de Carnot.

L'ouvrage se termine par une étude de la règle des phases et des considérations sur l'osmose et les parois hémiperméables.

Les volumes suivants nous apporteront sans doute des applications numériques et expérimentales de ces diverses lois. En attendant, le chimiste qui aime la précision lira avec intérêt et profit ce premier volume de la Chimie physique où l'on trouve solidement étayées les lois fondamentales[1].

P.-Th. Muller,
Professeur à l'Université de Nancy.

3° Sciences naturelles

Campbell (M. R.), *Géologue du Service géologique des Etats-Unis.* — **Origin of the Scenic features of the Glacier National Park.** — *1 broch. in-8° de 42 p. avec 23 fig. et 1 carte. (Prix : 0 fr. 75.) Government Printing Office, Washington,* 1914.

Alden (W.-C.), *Attaché au Service géologique des Etats-Unis.* — **Glaciers of Glacier National Park.** — *1 broch. in-8° de 48 p. avec 27 fig. et une carte. (Prix : 0 fr. 75.) Government Printing Office, Washington,* 1914.

Le Parc national des Glaciers constitue une région d'environ 1.400 milles carrés, dans les Montagnes Rocheuses septentrionales, s'étendant de la ligne du Great Northern Railway au sud à la frontière canadienne au nord, et des Grandes Plaines à l'est à la rivière Flathead à l'ouest. Il a été créé par une loi du 11 mai 1910 dans le but de préserver ses beautés naturelles. Il contient, en effet, quelques-uns des paysages alpins les plus sauvages du continent américain. Quoique les nombreux glaciers qu'il renferme lui aient donné son nom, le voyageur qui le traverse est également frappé par l'aspérité des sommets montagneux, les grandes parois verticales qui les bordent, et la beauté des forêts, des lacs et des rivières, et le touriste est curieux de connaître quelles sont les causes qui ont donné naissance à ce modelé du paysage.

C'est dans le but de le satisfaire qu'ont été rédigées les deux brochures ci-dessus, qui, tout en présentant un caractère nettement scientifique, que garantit la personnalité de leurs auteurs, ont été mises à la portée du grand public.

Comme le montre M. Campbell, les caractères des paysages du Parc national des Glaciers ne sont pas dus à un événement extraordinaire ou cataclysmique dans l'histoire géologique de la région, mais, à l'origine, au soulèvement et au chevauchement des roches qui constituent les montagnes sur les roches de la plaine, et secondairement à l'érosion de cette masse soulevée par l'action ordinaire des éléments, des cours d'eau et des glaciers. Les résultats merveilleux produits dans le Parc des Glaciers sont simplement la conséquence d'une combinaison particulière de processus et de conditions, en eux-mêmes très communs.

Les glaciers du Parc national, que décrit M. Alden, sont au nombre d'environ 90, aujourd'hui d'étendue relativement faible comparée à l'extension qu'ils ont dû avoir aux époques antérieures. On retrouve, en effet, les traces marquées de deux glaciations, l'une au stade du Wisconsin, l'autre encore plus ancienne, séparées par une période de déglaciation et d'érosion fluviale intense. Les glaciers actuels, malgré leurs minimes dimensions, offrent presque tous les caractères connus des glaciers alpins.

Ce qui rehausse l'intérêt des deux brochures, ce sont les magnifiques reproductions photographiques qui les illustrent abondamment.

L. B.

Eugenics : Twelve University Lectures, par MM. Aldrich, Carruth, Davenport, Ellwood, Holmes, Howell, Jordan, Keller, Thorndike, Vaughan, Webber, Wolcott, *avec une préface par* M. Barker. — *1 vol. de 348 pages. (Prix : 10 fr.) Dodd, Mead et Cie, éditeurs, New-York,* 1914.

L'Eugénique (mot de Fr. Galton, 1883) est la science qui s'occupe de toutes les influences capables d'améliorer les qualités innées d'une race humaine : c'est, si l'on veut, une espèce de zootechnie appliquée à l'Homme. Les problèmes de l'Eugénique ont apparu, plus ou moins nettement, à de très anciens groupements civilisés : les Hébreux, à l'époque où la Bible fut écrite, en étaient déjà préoccupés ; Platon en parle dans un chapitre fameux de sa « République », et la solution cruelle adoptée par Sparte est célèbre. Mais l'idée de créer une science de l'Eugénique ne date que de la fin du XIXe siècle lorsque la doctrine évolutionniste nous fit comprendre que l'Homme est soumis aux mêmes lois naturelles que

1. Une faute d'impression a tronqué dans tout le volume le nom du célèbre chimiste *Berthollet*, en supprimant l'une des lettres *l*.

les autres êtres vivants ; les travaux modernes sur l'Hérédité ont fourni la base solide sur laquelle s'appuie maintenant l'Eugénique, jusqu'alors plus spéculative que pratique.

Les dangers auxquels doit parer l'Eugénique ont paru, en ces derniers temps, si graves et si pressants pour certaines nations, qui veulent continuer à tenir leur place dans le monde, et ne pas tomber en décadence comme la Grèce et la Rome anciennes, Babylone et l'Espagne, qu'un mouvement s'est dessiné, à l'effet d'éclairer le public et de lui former une conscience eugénique; c'est une œuvre patriotique au plus haut degré, car le groupe humain qui pratiquera l'Eugénique deviendra probablement aussi supérieur aux autres que le pur sang l'est par rapport à une rosse quelconque. A la suggestion de Mrs. Huntington Wilson, des conférences sur les principes de l'Eugénique ont été faites dans un certain nombre de grandes Universités et écoles des Etats-Unis, de façon à donner aux jeunes étudiants la pleine compréhension des dangers courus par la nation américaine et des moyens d'y remédier; le présent volume est constitué par un certain nombre de ces conférences, qui se répètent quelque peu, comme il est inévitable, mais qui donnent une excellente idée de l'œuvre à entreprendre; des biologistes de tous ordres, zoologistes, botanistes, physiologistes, médecins, et des sociologues, ont envisagé l'Eugénique à divers points de vue. Il est à peine utile de dire que la France, lorsqu'elle sera sortie de la lutte pour la vie qu'elle soutient en ce moment, devra, plus que toute autre nation, s'intéresser à l'Eugénique pour parer au danger mortel de la dépopulation et au péril non moins grand de la contre-sélection opérée par la guerre.

Il n'est pas douteux que l'état de civilisation s'oppose en quelque sorte au fonctionnement d'un processus indispensable au maintien en bonne forme de toute espèce, c'est-à-dire de la sélection naturelle : la philanthropie, la charité publique et privée, la médecine, combinent leur action pour prolonger les tuberculeux et autres malades chroniques, pour préserver les ivrognes et les faibles d'esprit, pour libérer les criminels, et leur permettre ainsi de reproduire, c'est-à-dire de perpétuer leurs tares.

Il y a là un danger considérable, comme le prouvent d'innombrables faits : un certain Martin Kallikak, à l'époque de la Révolution, eut d'une demi-idiote un enfant illégitime, dont on connaît la descendance en ligne directe : sur 480 descendants, 143 ont été faibles d'esprit, 33 prostituées, 24 alcooliques; 82 moururent en bas âge. Martin Kallikak contracta ensuite mariage avec une fille de bonne race : les 496 membres de cette lignée furent tous, sauf 3, des citoyens respectables, et beaucoup ont occupé des situations éminentes. L'effet de la tare originelle de la première union est évident. La famille Jukes, de l'Etat de New-York, si soigneusement étudiée par Dugdale, n'a compté pendant 7 générations que des criminels, ivrognes, prostituées, mendiants professionnels; 20 seulement de ses membres ont appris un métier, et encore 10 l'ont fait en prison. En 75 ans, la famille Jukes a coûté à l'Etat plus d'un million et quart de dollars. En opposition avec ces familles *cacogéniques*, on peut citer l'histoire des 1.394 descendants de Jonathan Edwards, qui ont compté 13 présidents de collèges importants, 65 professeurs, 60 médecins, plus de 100 missionnaires et clergymen, 75 officiers, 60 écrivains, 130 juges et avocats, 80 hommes politiques dont l'un fut vice-président des Etats-Unis, et 3 sénateurs. Ces familles *aristogéniques* se maintiennent telles, en dépit de l'hybridation renouvelée, par des mariages intra-familiaux, ou par des mariages avec des lignées de même qualité.

S'il est hors de conteste qu'il y a hérédité, d'une part d'intelligence et d'un haut degré de moralité, d'autre part de mentalité défectueuse, on peut se demander quelle est l'importance des conditions de milieu. On pense d'ordinaire qu'elle est considérable; cela n'est pas très sûr; le milieu paraît bien n'avoir d'effet qu'en accentuant, qu'en poussant à l'extrême les dispositions héréditaires, bonnes ou mauvaises; on sait en effet que l'on obtient peu de succès en plaçant des enfants de souche criminelle dans des familles respectables et travailleuses. Une famille étudiée par Davenport eut deux garçons, qui reçurent la même éducation; l'un fut normal et aimable, l'autre fut un voleur : or, le père était un médecin intelligent et respecté, la mère une femme de talent, qui n'avait d'autre tare apparente que de la migraine et de la chorée dans sa jeunesse... On apprit par la suite que le père de la mère avait été un ivrogne, compromis une fois dans une affaire de meurtre.

Voilà donc un des buts de l'Eugénique qui apparaît nettement : entraver le plus possible la reproduction des cacogéniques : alcooliques, faibles d'esprit, épileptiques, fous, pervertis sexuels, criminels, etc.; cela paraîtra d'autant plus urgent si l'on considère que 0,8 % de la population des Etats-Unis est en prison, que 4 %, laissés en liberté, sont plus ou moins défectueux, et que 10 % sont sur la ligne frontière; les soins donnés aux fous, idiots, pauvres habituels, épileptiques, aveugles, muets, etc., par l'Etat lui coûtent annuellement 100 millions de dollars, sans compter ce que dépense la charité privée.

Mais ce n'est qu'une face du problème : si la statistique montre à n'en pas douter que les cacogéniques se multiplient rapidement (en Angleterre, le rapport des défectueux aux normaux a plus que doublé entre 1874 et 1896; aux Etats-Unis, la proportion des défectueux a augmenté d'un quart entre 1880 et 1903), elle montre également que les aristogéniques sont peu féconds : les uns ne se marient pas ; d'autres ont peu d'enfants; Davenport rapporte que 278 gradués de Harvard ont eu, dans les vingt-cinq ans qui ont suivi leur sortie de l'Université, seulement 141 fils, et encore il n'est pas tenu compte des morts en bas âge. Au bout de quelques générations, si cette basse proportion se maintenait, les rares descendants des gradués d'Harvard seraient submergés par les milliers de descendants de Roumains, Bulgares, Grecs, et hybrides Portugais immigrés.

Quels remèdes apporter à un état de choses aussi menaçant? Il faut avouer que les conférenciers s'entendent moins sur ce sujet. Avant tout, l'Etat, par un moyen quelconque, doit entraver la reproduction des mauvais, soit par la ségrégation des sexes, soit mieux encore par la stérilisation. Cette dernière mesure est devenue légale dans douze Etats, mais elle n'est appliquée que timidement et avec répugnance; cependant, dans l'un d'eux (l'Indiana), l'opération a été effectuée depuis 1907 sur plus de 700 individus par vasectomie, méthode aussi inoffensive que possible; en Californie, 220 idiots, criminels et pervertis sexuels, dont 94 femmes, ont été castrés depuis 1909. Un jeune homme infirme, désireux de se marier, mais craignant par-dessus tout de léguer son infirmité à des enfants, a accepté la vasectomie, et a pu contracter une heureuse union sans arrière-pensée. L'institution d'un certificat médical, signé d'un médecin réputé, déclarant que les deux parties sont physiquement et mentalement saines, peut être accepté facilement; il est exigé par les clergymen de la cathédrale de Chicago, et a pour effet d'écarter les personnes en puissance de maladie vénérienne.

S'il est relativement facile d'entraver la reproduction des cacogéniques, on ne voit guère comment on pourrait augmenter la progéniture des aristogéniques; il faut un changement dans les mœurs; un enseignement bien fait de l'Eugénique est peut-être capable de le provoquer. Je terminerai l'analyse de ce livre d'un puissant intérêt en souhaitant que la France considère le problème eugénique avec la clarté de vues et l'esprit positif des Américains : c'est, il ne faut pas se le dissimuler, une question de vie ou de mort pour la nation.

L. Cuénot,

Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

4° Sciences médicales

Traité du Sang, *publié sous la direction de* M. A. Gilbert, *professeur de Clinique médicale à l'Hôtel-Dieu de Paris*, et M. Weinberg, *chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur. Tome I. — 1 vol. in-8° de 685 pages avec 133 fig. (Prix des 2 volumes en souscription : 42 fr.) J.-B. Baillière et fils, éditeurs, 19, rue Hautefeuille, Paris*, 1914.

L'admirable *Traité des Humeurs* de Robin avait marqué une date dans l'histoire de la Biologie ; c'était pour l'époque une étude où le maître avait développé, avec son originalité si particulière, ses larges vues sur la physiologie des liquides de l'organisme.

Les temps ont marché, les travaux se sont accumulés, utilisant des techniques nouvelles, mettant à profit les progrès accomplis en Optique et en Chimie organique. Il ne faut donc pas s'étonner si aujourd'hui un *Traité du Sang* ne comporte pas moins de deux gros volumes. Mais il serait difficile actuellement, pour un savant, si documenté qu'il fût, d'écrire seul un pareil travail.

Aussi MM. Gilbert, Weinberg et Bordin, qui ont entrepris la rédaction de ce traité, ont-ils fait appel à une série de collaborateurs, et la liste comprend actuellement cinquante noms.

Les deux volumes dont se compose le *Traité du Sang* se subdivisent l'un et l'autre en deux parties.

La première partie du premier volume est consacrée à l'étude physico-chimique du sang et des éléments figurés à l'état normal et à l'état pathologique.

La seconde partie est réservée aux éléments anormaux du sang empruntés à l'organisme ou venus du dehors (microbes, parasites, animaux, champignons).

La première partie du second volume sera consacrée au sérum et au plasma ainsi qu'au séro-diagnostic.

La seconde partie traitera de la recherche du sang et de ses éléments dans les produits ou sécrétions des divers organes. Elle comportera en outre une étude médico-légale du sang.

Le deuxième volume n'ayant pu paraître à l'heure prévue, par suite des circonstances actuelles, nous ne pouvons parler ici que du premier.

Il nous a paru nécessaire de donner dans ce compte rendu l'énumération complète des chapitres étudiés avec le nom de l'auteur, mais nous serons forcé de ne consacrer quelques lignes qu'aux travaux les plus importants ou qui nous ont paru plus personnels.

Le sang, ses propriétés physiques et chimiques (Gilbert et Chabrol). — Travail réellement traité trop succinctement. Trente lignes pour la réaction du sang, alors que cette question est si controversée, ne sont pas suffisantes ; même observation pour la viscosité, la densité, la quantité totale.

La coagulation du sang (Nolf). — Etude fort intéressante, très personnelle, trop peut-être, de cette réaction dont le mécanisme intime reste encore si obscur. Après l'exposition des faits essentiels de la coagulation, Nolf donne sa théorie. La coagulation est une réaction au sens habituel du mot, dans laquelle les produits apparus, fibrine et thrombine, se produisent aux dépens des produits disparus, thrombozyme, thrombogène et fibrinogène. La fibrine n'est que de la thrombine saturée de fibrinogène, la thrombine une fibrine non saturée de fibrinogène et qui reste soluble. Avec raison, Nolf insiste sur la nature complexe de tous ces colloïdes ; il n'y a pas une fibrine, une thrombine mais une série de corps voisins en voie continuelle d'évolution. Les dernières pages de ce travail sont consacrées à la pathologie de la coagulation.

Les gaz du sang (Nicloux). — Fidèle au programme qu'il s'était tracé au début de son article, l'auteur étudie exclusivement trois parties : Extraction et analyse des gaz du sang, composition générale de ces gaz, état des gaz dans le sang.

L'état colloïdal des constituants du sang (Mouton). — Exposé des conceptions encore très hypothétiques qui pourront « être le point de départ pour des recherches nouvelles ».

Hémoglobine (Tiffeneau). — Mise au point de nos connaissances sur cette substance si importante pour l'étude du sang.

Le globule rouge normal (Weidenreick). *Le globule rouge à l'état pathologique* (Sabrazès). *Le sang dans les anémies* (Tixier). *Les polyglobulies* (Aubertin). — Ces quatre chapitres constituent une étude d'ensemble sur le globule rouge et les modifications qu'il subit au cours de l'évolution des états pathologiques les plus divers. On peut constater l'utilité de l'étude des matériaux fournis par la clinique pour la connaissance du fonctionnement normal des éléments de notre organisme.

La résistance globulaire et les ictères hémolytiques (Chauffard et Troisier). — Les beaux travaux de Hamburger sur l'application des lois de l'osmose aux globules rouges ont ouvert une voie nouvelle à l'hématologie. C'est ainsi que l'étude des résistances globulaires a permis à Chauffard d'élucider la question si obscure jusqu'ici des différents ictères et d'en établir la pathogénie différenciée sur des bases certaines.

Les leucocytes à l'état normal (Pappenheim). *Les propriétés phagocytaires des leucocytes* (Tarrassévitch). *La protéase et la lipase des leucocytes, le zymo-diagnostic* (Fiessinger). *Les leucocytes à l'état pathologique* (Sabrazès). *Les leucémies* (Gilbert et P. Weill). — Série de chapitres constituant l'étude complète du leucocyte. L'importance de la réaction phagocytaire dans l'immunité fait l'objet d'un travail intéressant ; quant au mécanisme même de cette réaction, Tarrassévitch s'efforce de nous l'exposer, en évoquant les actions chimiotoxique, le rôle des opsonines, des stimulines, etc. Mais il reste nécessairement un doute, que ne peut éclaircir la multiplicité des termes employés par chaque auteur : opsonines et alexines, tropines et sensibilisatrices, sont-elles des expressions synonymes, ou représentent-elles des éléments matériels ou simplement dynamiques différents ?

L'éosinophilie (Weinberg et Léger). — Elle a pris dans ces dernières années une très grande importance. Les auteurs, dans un travail très documenté, montrent l'utilité de ces notions nouvelles, tout en arrivant à cette sage conclusion : l'éosinophilie hématique n'est jamais pathognomonique.

Les globulins (Aynaud). — « Nous ignorons tout du rôle du globulin dans l'organisme », conclusion un peu sévère de l'auteur, qui rejette bien facilement les travaux de Le Sourd et Pagniez sur le pouvoir rétracteur de cet élément vis-à-vis des globules rouges.

L'ultramicroscopie du sang (Aynaud et Jeantet). — Notes techniques fort utiles.

Les organes hématopoïétiques (Rubens Duval). — Travail exclusivement anatomo-pathologique, illustré de très nombreuses planches originales se rapportant principalement aux altérations des organes hématopoïétiques.

Les microbes du sang (Sabrazès). — Etant donné l'intérêt actuel des hémocultures, nous aurions aimé trouver un travail plus développé.

Les parasites animaux (Billet, Mesnil et Leboeuf). — Très intéressantes études sur les hématozoaires et les leishmanioses.

Champignons du sang (Pinoy). — Sujet encore trop nouveau pour permettre une étude sérieuse.

J.-P. Langlois,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 7 Juin 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **Agnus** : *Le claquement de la balle et de l'obus.* L'auteur rappelle que lorsqu'on tire un coup de fusil ou de canon avec une arme dont le projectile a une vitesse bien supérieure à celle du son, on entend au voisinage de la trajectoire non pas une, mais deux détonations distinctes. La première de ces détonations, qui constitue le *claquement*, est produite par l'onde de sillage conique que laisse après lui le projectile et qui précède l'onde sonore sphérique produite par la détonation[1]. Quand le projectile a une vitesse moindre que celle du son, son onde de sillage continue l'ébranlement laissé par l'onde sonore sphérique : c'est le *sifflement* de la balle ou de l'obus.

2° Sciences physiques. — MM. **Em. Bourquelot** et **A. Aubry** : *Etude comparée de l'influence de l'acide acétique sur les propriétés synthétisante et hydrolysante de la glucosidase α.* Les auteurs ont reconnu que la glucosidase α (glucosidase de la levure basse séchée à l'air) est très sensible à l'action nocive des acides. Elle est détruite dans des liquides renfermant de très minimes quantités d'acide acétique, et le fait que les deux propriétés (synthétisante et hydrolysante) que possède la macération de levure disparaissent simultanément sous l'influence de ces quantités démontre une fois de plus que les deux propriétés appartiennent bien à un seul et même enzyme. — M. **P. Mazé** : *Sur le rôle de la chlorophylle.* L'auteur a constaté que les feuilles formées par une plante, après la privation de soufre ou de fer, se décolorent complètement parce que l'assimilation carbonique y est supprimée. Quelle que soit la cause à laquelle elle se rattache, la chlorose apparaît ainsi, non pas comme une maladie, mais comme un moyen de défense de la plante malade contre une élévation exagérée de température. La cellule végétale, incapable d'assimiler CO^2, ne peut vivre au soleil qu'à la condition de perdre sa chlorophylle. Il serait téméraire, d'autre part, d'attribuer à la chlorophylle une action immédiate sur les transformations chimiques qui président à l'assimilation carbonique.

3° Sciences naturelles. — M. **J. Amar** : *Sur la rééducation fonctionnelle. Un arthrodynamomètre.* L'auteur rappelle la nécessité de la rééducation fonctionnelle chez les infirmes et les blessés. Chez eux, comme chez l'homme normal, l'amplitude des mouvements et la force musculaire sont les facteurs essentiels du travail physique. Pour les déterminer, l'auteur décrit un arthrodynamomètre qui permet de mesurer les valeurs des déplacements angulaires des membres et les efforts absolus des groupes musculaires pour tous les degrés de flexion à considérer. — M. **A. Lacroix** : *Sur de remarquables phénomènes métamorphiques de contact du granite de Madagascar.* L'auteur a observé à Ambatoarina un contact très remarquable entre le granite et le calcaire, caractérisé par l'apport d'alcalis et notamment de soude (formation de feldspaths alcalins et surtout d'amphiboles et de pyroxènes ferro-alcalins peu ou pas alumineux), de phosphate de terres cériques, de sulfate de strontium, d'un carbonate des mêmes éléments et enfin de sulfures métalliques. L'existence de terres cériques dans les produits d'émanation de ce granite se retrouve dans un autre gisement, situé plus à l'ouest, dans la région de Torendrika, et où le granite contient de la tscheffkinite et de la bastnaésite. — M. **St. Meunier** : *Structure de la syssidère de Kodaïkanal (Indes Anglaises); exemple de cataclase chez les fers météoriques.* L'auteur déduit de ses observations sur la météorite de Kodaïkanal que les météorites métalliques ont, comme les météorites pierreuses, été concassées dans leur gisement initial et converties ainsi en des conglomérats de fragments. On est conduit à rapprocher ainsi des météorites la plupart des roches cristallines terrestres.

Séance du 14 Juin 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **J. Boussinesq** : *Calcul approximatif de l'influence du climat sur la vitesse d'accroissement de la température avec la profondeur sous le sol.* L'auteur démontre que, dans l'hypothèse communément admise d'une croûte terrestre assez mince, reposant sur la masse en fusion ou pâteuse d'où cette croûte serait sortie par voie de rapide solidification, l'inégalité permanente de l'action solaire, ou la différence des climats due à cette inégalité, n'influe que très peu sur la rapidité d'accroissement des températures terrestres avec la profondeur sous le sol.

2° Sciences physiques. — M. **Th. Peczalski** : *Recherches sur la conductibilité calorifique.* L'auteur a reconnu que, pour le plomb, la conductibilité calorifique est indépendante de la température dans le système exponentiel, soit inversement proportionnelle à la température absolue dans le système ordinaire. — M. **B. Bogitch** : *Sur les déformations superficielles des aciers trempés aux températures peu élevées.* L'auteur a poursuivi l'étude des phénomènes de plissement découverts par M. B. Zschokke à la surface des éprouvettes d'acier chauffées entre 225° et 400°, puis trempées dans l'eau. Les plissements commencent à apparaître à une température comprise entre 215° et 220°; au début, ce sont des plis isolés qui tentent de se réunir en un point central. La température de trempe s'élevant, les plis isolés se transforment en bandes larges; vers 250°-260° des centres secondaires apparaissent, d'où partent des bandes qui coupent les premières, de sorte que vers 300° on ne voit plus qu'une multitude de soulèvements isolés formant un réseau confus. Au voisinage de 330°, le réseau se contracte, s'éloigne des bords de l'éprouvette et disparaît vers 350°-360°. Divers facteurs, comme la température du bain de trempe, la durée du chauffage, le recuit et les dimensions des éprouvettes, influent sur le phénomène. — M. **J. Bergonié** : *Vibrations provoquées par l'électro-aimant à courants alternatifs, dit électro-vibreur, dans des corps voisins non magnétiques.* En utilisant un électro-vibreur absorbant une puissance de 8 à 10 kilowatts, on constate qu'au voisinage de son noyau à peu près tous les corps métalliques vibrent, même ceux qui ne sont pas magnétiques. Cette propriété peut permettre de mettre en évidence dans les tissus, quoique plus difficilement, des fragments de projectiles en aluminium, cuivre, laiton, zinc. La température atteinte par les corps métalliques soumis à l'électro-vibreur étant inversement proportionnelle au produit de la résistivité par la densité et par la chaleur spécifique du métal, il y a possibilité d'échauffer assez, même au sein des tissus (sauf au voisinage d'un gros vaisseau), un projectile en aluminium, cuivre ou même plomb, pour le rendre aseptique lorsque l'extraction chirurgicale est contre-indiquée.

3° Sciences naturelles. — M. **P. Delbet** : *La pyoculture.* L'auteur a eu l'idée de cultiver les microbes d'une plaie dans les sécrétions mêmes (pus) de cette plaie (pyoculture). Il a constaté qu'une pyoculture positive

1. Pour plus de détails sur ce point, voir E. Vallier : Le tir indirect en 1915. *Revue gén. des Sciences* du 30 mai 1915, t. XXVI, p. 298.

(culture abondante dans le pus, plus abondante que dans le bouillon) indique un pronostic très grave, et commande de larges débridements de la plaie. La pyoculture nulle (pas de culture dans le pus, culture dans le bouillon) indique une lutte qu'il faut aider par la thérapeutique. La pyoculture négative (bactériolyse des microbes dans le pus) indique le triomphe du malade et commande l'abstention. — M. **F. Bordas** : *Assainissement des cantonnements et des champs de bataille.* L'auteur a reconnu que les huiles lourdes de houille employées comme désinfectants en milieu liquide gagnent le fond en raison de leur poids et perdent toute action. Ces inconvénients disparaissent si l'on emploie les huiles résiduelles du goudron (débarrassées de leur naphtaline et déphénolisées); additionnées de résinate de soude, elles fournissent, en mélange avec de l'eau à 2,5%, une émulsion stable qu'on peut répandre en couche très mince, quoique active, sur de très grandes surfaces de matières en décomposition. — M. **H. Colin** : *Sur la distribution de l'invertine dans les tissus de la betterave aux différentes époques de la végétation.* Chez les betteraves de première année, les limbes sont riches en invertine, les feuilles également; le pouvoir hydrolysant des pétioles va en diminuant du sommet à la base; la souche ne renferme pas d'invertine. Chez les betteraves de 2e année, la souche s'enrichit à peine en réducteur; l'invertine est présente à tous les niveaux de la tige : elle va en croissant de la base à l'inflorescence. — M. **L. Gentil** : *Le Crétacé moyen et supérieur dans le Haut Atlas occidental (Maroc).* La côte marocaine comprise entre Mogador et Agadir est bordée par une bande crétacée s'enfonçant jusqu'à une soixantaine de kilomètres, parfois recouverte par les dépôts néogènes. Le Crétacé forme ensuite, au nord et au sud du Haut Atlas, deux bordures qui encadrent les crêtes paléozoïques de la grande chaîne; mais jusqu'ici le Mésocrétacé seul peut y être signalé. — M. **D. Eginitis** : *Sur les derniers tremblements de terre de Leucade et d'Ithaque.* L'auteur donne des renseignements sur le tremblement de terre du 23 novembre 1914, dont l'épicentre paraît situé près de la côte SE de Leucade; le grand séisme du 27 novembre, dont l'épicentre se trouve sans doute du côté opposé de Leucade, aux environs de sa région NW; et le séisme du 27 janvier 1915, dont l'épicentre est situé au NW d'Ithaque. Ces deux derniers ont été très violents et suivis d'un grand nombre d'autres secousses plus faibles.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 8 Juin 1915

M. **P. Marie** : *Sur la fréquence relative des améliorations dans les cas de quadriplégie par traumatisme médullaire, dû à une blessure de guerre.* L'auteur estime que le pronostic des traumatismes médullaires par blessure de guerre est loin d'être toujours aussi grave qu'on aurait tendance à le croire. Sur 18 cas qu'il a soignés à la Salpêtrière, il n'y a eu que 5 morts; chez les 13 survivants, dont la blessure remonte à une époque variant de 1 à 9 mois, il y a une amélioration progressive de la paralysie. Le pronostic des blessures de la moelle cervicale est beaucoup moins grave que celui des blessures de la région lombo-sacrée. — M. **P. Delbet** : *Etude sur la thérapeutique des plaies de guerre.* L'emploi de sa méthode de pyoculture (voir p. 417) a conduit l'auteur à la conclusion que les antiseptiques ont plus d'inconvénients que d'avantages dans le traitement des plaies de guerre. Ils visent les microbes, mais tuent les cellules, et la destruction de ces dernières est plus fâcheuse que n'est avantageuse la destruction d'un certain nombre d'agents pathogènes. On ne doit employer que des solutions de concentration moléculaire égale à celle du sérum sanguin et n'ayant aucune action chimique sur les cellules. L'exposition à l'air et à la lumière est un des plus puissants moyens de désinfection des plaies. — M. **Th. Tuffier** : *La résection du genou, dans certaines fractures infectées graves avec arthrite suppurée, peut remplacer l'amputation.* L'auteur attire l'attention des chirurgiens sur la possibilité d'éviter l'amputation de la jambe, après fracture du genou par balle ou par éclat d'obus, non seulement dans les cas où la lésion primitive semble nécessiter cette amputation, mais surtout chez les blessés dont l'état septicémique, progressivement aggravé, paraît indiquer la suppression du membre. Quatre opérations de résection du genou, dans des cas de ce genre, lui ont donné d'excellents résultats. — M. **P. Sollier** : *Statistique des cas de névrose dus à la guerre.* De quelque façon qu'on envisage la question, soit au point de vue du nombre absolu des cas de névrose de guerre, soit au point de vue de leur accroissement, on ne peut constater qu'une chose des plus rassurantes : c'est le nombre véritablement infime, et presque négligeable en comparaison de celui des blessés de tous genres et de ceux du système nerveux en particulier, des cas de névrose dus à la guerre, et sa tendance à rester stationnaire, sinon même à décroître.

Séance du 23 Juin 1915

MM. **A. Mairet, H. Piéron** et Mme **Bouzansky** : *Des variations du « syndrome commotionnel » suivant la nature des traumatismes, et de son unité.* Les auteurs ont constaté que l'ébranlement causé par l'éclatement des obus peut engendrer, sans blessure, un « syndrome commotionnel » caractérisé par : des troubles de sensibilité fréquemment asymétriques, l'hyperexcitabilité réflexe, la parésie vaso-motrice, les céphalées, les perturbations affectives, les amnésies, les cauchemars et délires hallucinatoires, et les difficultés de fixation des souvenirs. Certaines émotions (départ au front, perte d'amis à côté de soi, menaces de mort prolongées chez des prisonniers, etc.), et d'autre part des chocs matériels, par balles ou éclats d'obus, en particulier quand la région céphalique a été atteinte, peuvent provoquer des troubles où le « syndrome commotionnel » ci-dessus se retrouve, du moins en partie. Ce syndrome, qui comprend évidemment bien des phénomènes habituellement rencontrés dans l'hystérie, possède cependant son unité et ne semble pouvoir être dissocié.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 4 Juin 1915

M. **G. Gouré de Villemontée** : *Propagation de l'électricité à travers l'huile de paraffine.* L'huile de paraffine de densité 0,876 à 24° C., telle qu'elle a été livrée par la maison Poulenc, est placée entre deux cylindres de laiton, montés l'un à l'intérieur de l'autre, de manière que les axes coïncident. L'ensemble forme un condensateur. Les dimensions des condensateurs employés ont été les suivantes :

Noms des condensateurs	Diamètres des armatures externe	Diamètres des armatures interne	Hauteur des armatures	Distance des armatures
C_1....	34mm	6mm	20cm	14mm
C_2....	11	2	20	4,5
C_3....	29,4	1,5	20	13,7
C_4....	100,5	71,8	20	14,35
C_5....	100	6	18	47
C_6....	10	2,5	20	3,75
C_1 L..	22,5	7	116	7,75
C_2 L..	14	3,5	116	5,25

L'exposé des recherches est divisé en quatre parties. **Première partie** : *Charges de longue durée.* Potentiel maintenu constant sur les deux armatures du condensateur. MÉTHODE : Au temps zéro, les armatures du condensateur sont séparées du sol; l'armature externe est portée et maintenue au potentiel V par une batterie d'éléments de pile ou d'accumulateurs, l'armature interne est reliée à une paire de secteurs d'un électromètre à quadrants, la seconde paire est au sol. On

mesure la charge développée sur l'armature interne par la quantité d'électricité contraire qu'il faut fournir à la première paire de secteurs, du temps zéro au temps t_1, t_2, t_3, ..., t_n, pour annuler la charge apparue sur l'armature interne. La charge compensatrice a été fournie par la traction d'un quartz piézoélectrique, p étant le poids tenseur, k la constante du quartz, Q la quantité d'électricité correspondante : $Q = kp$, et $Q/Vt = kp/Vt$. On a suivi les variations de p/Vt avec la durée t de charge. Les potentiels V employés ont été compris entre 0,24 et 20,85 volts, et, dans le plus grand nombre d'expériences, entre 2 et 4,17 volts. Résultats : 1° *Variations du rapport* p/Vt. De $t = 0$ à $t = 1$ minute, la valeur du rapport p/Vt décroît d'une valeur infiniment grande à une valeur inférieure à l'unité. De $t = 1$ minute à $t = 7$ minutes, les variations de p/Vt sont de quelques dixièmes ; au delà de $t = 7$ minutes, les variations deviennent très faibles et le rapport paraît tendre vers une valeur constante. 2 *Généralité du résultat. a.* La loi des variations de p/Vt a été trouvée la même en répétant l'expérience à des époques différentes et avec des durées de charge différentes. *b.* Les variations du rapport p/Vt en fonction du temps après une durée de charge t_n sont les mêmes dans les deux cas suivants : 1° lorsque, dans l'intervalle de temps de zéro à t_n, on annule la charge de l'armature interne à des intervalles de temps irréguliers par la traction du quartz ; 2° lorsqu'on annule la charge, pendant le même intervalle de temps, par une communication directe de l'armature interne avec le sol. *c.* Les variations du rapport p/Vt sont les mêmes lorsqu'on porte l'armature externe au potentiel 20 volts par une batterie d'accumulateurs de résistance intérieure négligeable et lorsqu'on porte la même armature au potentiel 20,85 volts par une batterie d'éléments de pile de résistance intérieure d'environ 150ω. *d.* La loi de variation du rapport p/Vt est indépendante des dimensions du condensateur. 3° *Loi des forces électromotrices.* La loi suivante : « Les quantités d'électricité dégagées sur l'armature interne après des temps de charge égaux sont proportionnelles aux différences de potentiel de charge, autrement dit aux forces électromotrices », énoncée par l'auteur dans un Mémoire antérieur et en désaccord avec un résultat d'expériences de M. Egon von Schweidler (*Drude's Annalen der Physik*, t. IV, 1901, p. 664), a été de nouveau vérifiée par l'auteur et confirmée. 4° Les variations des charges développées sur l'armature interne en fonction du temps, dans les quinze premières minutes de l'expérience, sont représentées par la relation : $Q/Vt = ke^b t^{-a}$, dans laquelle k est la constante du quartz, e la base des logarithmes népériens, a et b deux constantes. 5° L'auteur insiste sur l'analogie, déjà signalée par lui, entre les résultats obtenus avec l'huile de paraffine et : 1° les résultats des recherches de M. J. Curie sur la conductibilité des corps cristallisés (*Ann. de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XVII et XVIII) ; 2° les résultats des expériences de M. Hess sur la gutta, la paraffine, le caoutchouc (*Journal de Physique*, 3e série, t. II, 1893, p. 149). **Deuxième partie** : *Charges de très courte durée.* Des commutateurs dont les pièces de contact sont mues : 1° par la barre horizontale d'un pendule de torsion, 2° par l'équipage d'une machine d'Atwood, ont permis de réduire la durée de charge à des fractions de seconde. Deux conditions ont été réalisées et ont amené aux résultats suivants : 1° La charge totale $q = Q/Vt$ recueillie sur l'armature interne, pendant un temps illimité, à la suite d'une charge de durée θ de l'armature externe, varie comme l'indique la relation $q = ke^{b\theta^{-1}}$. Les valeurs limites de θ ont été 0,00028 et 0,0053 seconde. 2° La charge développée sur l'armature interne, *pendant la durée t de charge* de l'armature externe, varie suivant la relation $q = ke^b t^{-1}$. Les valeurs limites de t ont été 0,00065 et 0,105 seconde. Il en résulte que si θ ou t devient infiniment petit, la quantité d'électricité q paraît infiniment grande et donne l'apparence d'une charge instantanée extrêmement grande. L'apparition de la charge brusque est suivie d'une variation très lente. **Troisième partie** : *Relation entre les charges des armatures externe et interne.* Expériences faites en portant l'armature externe du condensateur C_1L au potentiel $V = -2$ volts. 1° Le signe de la charge de l'armature interne est le même que le signe de la charge de l'armature externe. 2° La valeur absolue de la charge mesurée sur l'armature interne ne dépend pas du signe de la charge communiquée à l'armature externe. 3° La charge de l'armature interne séparée de l'armature externe par la couche d'huile de paraffine est plus faible que la charge de l'armature externe et augmente avec la durée de charge de l'armature externe. La variation due à la pénétration des charges à travers l'huile de paraffine est inappréciable lorsque la durée de pénétration est 0,0052 seconde. 4° En chargeant l'armature externe pendant 0,00195 seconde et mesurant par compensation la charge de l'armature interne après des intervalles de temps compris entre 35 secondes et 5 minutes, on a constaté que la charge de l'armature interne, réduite à zéro après 35 secondes, reparaissait avec affaiblissement après 50 secondes ; la charge compensée après 50 secondes est de nouveau sensible après 1 minute 50 secondes et ainsi de suite jusqu'à 3 minutes 30 secondes. **Quatrième partie** : *Influence de l'épaisseur du diélectrique : Première période initiale.* Charges de durée extrêmement courte de l'armature externe. Expériences faites sur les condensateurs C_1L et C_2L. *a.* Le potentiel de charge de l'armature externe étant 5,56 volts, la durée de charge étant 0,017, 0,034, 0,042 seconde, la valeur du rapport des charges développées sur les armatures internes depuis le moment de la charge de l'armature externe jusqu'à la fin de la mesure de la charge de l'armature interne a été trouvée égale à *un*. *b.* Le potentiel de charge de l'armature externe étant — 2 volts, la durée de charge étant comprise entre 0,000096 seconde et 0,0315 seconde, la valeur du rapport des charges développées sur les armatures internes, *pendant la durée de charge des armatures externes*, cette durée étant la même pour les deux condensateurs, est *un*. *Deuxième période finale.* Charge de longue durée. Condensateurs employés C_1, C_2, ..., C_6. Les potentiels de charge des armatures externes ont été compris entre 0,24 volt et 8,34 volts. Les durées de charge de l'armature externe ont été variées de 20 minutes à 1 heure 44 minutes. *a.* La valeur du rapport des charges trouvées sur les armatures internes des deux condensateurs augmente avec la durée de charge de l'armature externe ; l'accroissement est d'autant plus lent que la durée de charge est plus longue. *b.* La valeur du rapport des charges des armatures internes après les durées de charge respectivement les plus longues des armatures externes, dans chaque série d'expériences, diffère très peu du rapport inverse des épaisseurs du diélectrique. En terminant, M. Gouré de Villemontée signale l'intérêt que présenterait le rapprochement des expériences qu'il vient d'exposer avec les résultats des expériences de Gaugain (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. LIX, LX, LXIV) et les recherches de M. Bouty (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 6e série, t. III, XIV, XXIV, XXVII). M. Gouré de Villemontée croit qu'une interprétation basée sur une modification des milieux analogue à celle qui met en jeu les réactions élastiques serait préférable à toute autre. Cette manière d'expliquer les phénomènes, émise par beaucoup d'expérimentateurs, trouve un nouveau point d'appui précis dans un Mémoire intitulé : *Résistance électrique et fluidité*, publié par M. Gouré de Villemontée (Encyclopédie publiée sous la direction de M. Léauté), et dans l'analyse de cet Ouvrage, présentée au Congrès international de Physique de 1900 sous le titre *Résistivité et fluidité*, dans le recueil des *Rapports*, t. IV, p. 84.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 28 Mai 1915

M. **H. S. Allen** : *Sur des rapports numériques entre les constantes électroniques et atomiques.* Jeans a

montré que hc, où h est la constante de Planck et c la vitesse de la lumière, a les mêmes dimensions physiques que le carré d'une charge électrique. Lewis et Adams ont suggéré entre ces quantités une relation de la forme :

$$ch = \sqrt[3]{\frac{8\pi^5}{15}(4\pi e)^2}.$$

Celle-ci peut être écrite :

$$\frac{2\pi e^2}{hc} = \frac{(15\pi^2)^{1/3}}{(4\pi^2)} = q,$$

où $q = 7{,}28077 \times 10^{-3}$. Le carré de cette constante numérique est $p = 5{,}30096 \times 10^{-5}$. On trouve que la charge e sur un électron en unités é. s. est égale, à 0 1 % près, à $9p \times 10^6$. Le rapport e/m de la charge à la masse est égal à $p \times 10^{22}$, avec le même ordre d'exactitude. La présence de puissances de 10 dans ces expressions peut être accidentelle, ou dépendre de la façon dont les unités de longueur, de masse et de temps sont définies à l'origine. Des quantités dérivées, dépendant de e, m et c, peuvent être exprimées en fonction de puissances entières simples (2, 3 ou 4) de 10, p et π. La « masse atomique » d'un électron est approximativement égale à 10 p. — M. **H. Moore** : *Méthode pour calculer les coefficients d'absorption de la radiation X homogène.* La radiation X, traversant un gaz, libère des électrons de ce gaz. Le nombre des électrons émis par chaque atome dans un faisceau de rayons X est proportionnel à la 4e puissance de son poids atomique. Donc, des nombres égaux d'atomes des différents éléments, soumis à des faisceaux de rayons X analogues, libéreront des quantités de radiation électronique proportionnelles aux 4es puissances des poids atomiques des éléments. Les coefficients d'absorption sont proportionnels à la radiation électronique libérée; donc les absorptions de deux éléments, pour un même nombre d'atomes, seront proportionnelles aux 4es puissances de leurs poids atomiques. La radiation corpusculaire libérée dans la vapeur d'un élément, et obtenue à l'état de vapeur monoatomique sous une pression de 76 cm., peut être exprimée par $1{,}05 \times 10^5 \times$ (poids atomique)^4, en prenant comme unité la radiation corpusculaire dans l'air. Le coefficient d'absorption d'une telle vapeur sera, par conséquent, égal au coefficient d'absorption de l'air pour le même type de radiation X, multiplié par le nombre ci-dessus. L'absorption d'un élément étant proportionnelle au nombre d'atomes présents, si l'on calcule l'absorption pour une vapeur hypothétique de ce type, on pourra en déduire par une simple loi de densité l'absorption par le même élément dans une condition quelconque. L'auteur a fait ce travail pour plusieurs éléments (métaux), et pour quelques composés en supposant une loi additive. La concordance entre les valeurs calculées et les valeurs obtenues par différents observateurs dans des expériences directes est très bonne pour un intervalle considérable de radiations et de corps absorbants. Toutefois, quand le poids atomique du corps absorbant est plus élevé que celui du radiateur, de sorte que la série K est absente de toute radiation secondaire excitée dans le corps absorbant, la concordance cesse. — M. **E. Wilson** : *Quelques expériences récentes sur la perméabilité élevée dans le fer.* 1° Quand le fer est soumis à une force magnétique puissante, celle-ci réduit la perméabilité et augmente la perte par hystérèse pour des valeurs données de l'induction magnétique. Cet effet peut être en grande partie supprimé par une démagnétisation soignée. On a supposé que la force magnétique terrestre peut aussi exercer une influence polarisante sur le fer qui y est exposé, et on a tenté de la supprimer en plaçant l'échantillon dans un écran magnétique et en le démagnétisant avec soin. On accroît ainsi considérablement la perméabilité correspondant aux petites valeurs de l'induction magnétique, et on diminue la perte par hystérèse. Après une longue période de repos dans l'écran, la perméabilité diminue légèrement, et en sortant l'échantillon de l'écran elle conserve sa valeur élevée. 2° Si l'on soumet l'échantillon à une force magnétisante soit alternative, soit continue, pendant le temps qu'il se refroidit en passant par la température de recalescence, on peut atteindre une valeur maxima de la perméabilité dépassant 10.000. Dans ces expériences, le fer a été essayé sous forme de carrés ou d'anneaux laminés ; à l'état de lames, l'effet, quoique produit, ne se maintient pas.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section canadienne

Séance du 29 Avril 1915

M. **J. Turner** : *Fabrication du nitrite de soude.* La meilleure méthode de fabrication du nitrite de soude est la réduction du nitrate par le plomb métallique. On emploie généralement du nitrate commercial, qui ne doit pas contenir plus de 1 % de NaCl, et du plomb doux très pur, ne renfermant pas plus de 0,2 % d'autres métaux. Le nitrate de sodium est fondu dans de grandes cuves en fonte de bonne qualité, puis on chauffe à 420° C. et on ajoute graduellement le plomb en barres, jusqu'à ce que la réduction soit complète. La masse fondue est versée dans l'eau et lavée à diverses reprises jusqu'à extraction complète, puis, après traitement par un peu d'acide nitrique pour neutraliser de petites quantités de soude caustique formées pendant l'opération, on évapore les diverses liqueurs et on fait cristalliser. On obtient ainsi diverses séries de produits à 96-98 %, 85-90 % et 70 % de nitrite. Un autre procédé de fabrication a été breveté en Angleterre, qui consiste à fondre ensemble du nitrate de soude et de la soude caustique, et à réduire le mélange fondu par le soufre; il se forme alors du nitrite et du sulfate de soude, qu'on dissout dans l'eau et abandonne à la cristallisation. Comme le nitrite est plus soluble que le sulfate, ce dernier se dépose d'abord; puis on concentre les liqueurs et on obtient finalement le nitrite cristallisé. Ce dernier procédé n'est pas tout à fait aussi économique que le premier.

Section de Manchester

Séance du 5 Mars 1915

M. **J. Grossmann** : *La concentration des boues d'égout.* Les boues déposées par sédimentation des eaux d'égout contiennent en moyenne 10 % de matière solide et doivent être concentrées pour être transportées ou utilisées. Cette concentration peut se faire par la chaleur ou par des moyens mécaniques, mais elle est souvent très coûteuse. L'auteur décrit un procédé pratique et économique, qu'il emploie depuis une année aux usines d'Oldham. Les boues des bassins de sédimentation sont mélangées dans la proportion de 1.000 parties avec 3 parties d'acide sulfurique qui a été dilué avec de l'eau sous forme d'une solution à 10 % environ. Le mélange, abandonné à lui-même, se sépare au bout de quelques jours en deux couches, l'une inférieure liquide, l'autre supérieure de concentration à peu près double de la substance originale (19 à 21 % de matière solide). Ces boues concentrées sont ensuite beaucoup plus facilement desséchées par la chaleur. En perfectionnant le procédé, l'auteur est même arrivé à obtenir du premier coup des boues à 30 % de matières solides.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 14 30 JUILLET 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : **LOUIS OLIVIER**

DIRECTEUR : **J.-P. LANGLOIS**, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Physique

Redresseur et amplificateur thermo-ioniques : le Kenotron et le Pliotron. — En décrivant précédemment l'ampoule à rayons X de Coolidge [1], je faisais remarquer qu'elle pouvait fonctionner sur courants alternatifs, sans soupape spéciale, les électrons négatifs issus de la cathode incandescente ne pouvant transporter qu'un courant négatif sur l'anode.

Une telle disposition constitue donc par elle-même un véritable redresseur de courants ; cependant, l'appareil construit pour produire des rayons X se prête mal à cette nouvelle application, à cause de la grande distance qui sépare les électrodes. Pour réduire le plus possible la résistance et augmenter le débit, M. Irving Langmuir a été conduit à donner à l'anode la forme d'un fourreau entourant de très près la cathode portée à l'incandescence. Dans le modèle représenté par la figure 1, le filament cathodique F occupe l'axe de l'anode cylindrique en molybdène A. Les électrodes sont enfermées dans un tube où le vide a été fait aussi soigneusement que dans l'ampoule de Coolidge. On évite ainsi l'émission des électrons positifs, qui occasionneraient des perturbations et désagrégeraient rapidement la cathode. C'est à ce vide parfait que l'appareil ainsi construit doit son nom : *Kenotron* est dérivé du grec κενος, espace vide, la terminaison τρον exprimant l'idée d'application.

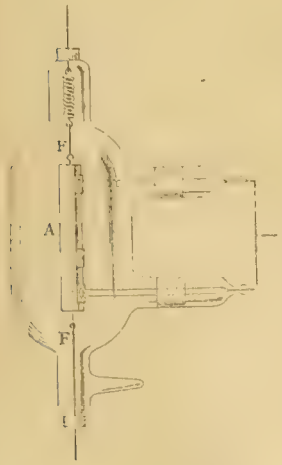


Fig. 1. — *Kenotron.*
A, anode; F, filament cathodique.

On est arrivé à faire passer dans le kenotron des courants d'électrons purs supérieurs à 1 ampère. Cependant, cette intensité nécessitant de très larges électrodes, on a reconnu préférable, en pratique, de ne pas dépasser 250 milliampères. Pour redresser des courants plus forts, on n'a qu'à coupler plusieurs kenotrons en parallèle : dans ce cas, chacun ne prend que sa part du courant, et il ne se produit aucune des irrégularités que présentent les redresseurs à mercure groupés de la sorte.

Il ne semble pas y avoir de limite supérieure au fonctionnement du kenotron. Même à 180.000 volts, aucun courant inverse n'a été constaté. Le kenotron redresse d'ailleurs les courants de haute fréquence aussi bien que les courants de basse fréquence, sans donner le moindre signe d'effet rétrograde.

Pour utiliser les deux alternances d'un courant alternatif, de manière à obtenir un courant continu, deux kenotrons sont montés comme l'indique la figure 2.

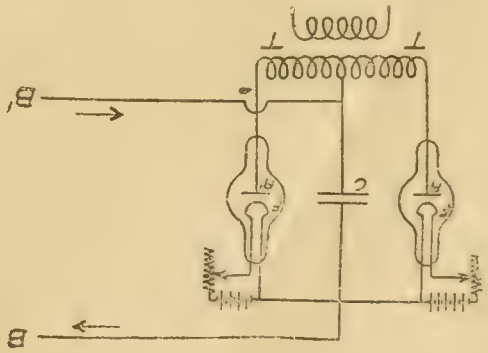


Fig. 2. — *Montage de deux kenotrons, pour utiliser les deux alternances d'un courant alternatif.* — AA', anodes; FF', filaments cathodiques; TT, transformateurs; C, condensateur; BB', courant continu.

1. Voir la *Revue générale des Sciences*, 15 juin 1915, page 326.

En augmentant la température du filament, on libère une plus grande quantité d'électrons, suivant la loi de Richardson[1]. Cependant, il arrive un moment où le courant thermo-ionique est limité par la charge de l'espace compris entre les électrodes. Alors, une fraction seulement des électrons émis s'échappent de la cathode et atteignent l'anode, tandis que les autres sont repoussés par les électrons de l'espace, retournent et sont réabsorbés par la cathode. Dans ces conditions, si un corps chargé négativement est placé entre les électrodes, le nombre d'électrons qui refluent vers la cathode va croître, et le courant décroîtra. Si, au contraire, le corps interposé a une charge positive, les charges négatives de l'espace seront largement neutralisées, et un courant plus intense passera de la cathode à l'anode.

Une très faible variation du potentiel électrostatique du corps interposé peut provoquer de fortes variations dans le débit thermo-ionique. C'est pourquoi ce dispositif a reçu le nom de *pliotron* (de πλείων, plus grand). Le pliotron est un amplificateur de variations d'intensité, une sorte de relais, dont le fonctionnement rappelle celui de l'audion de Forest, avec plus de régularité et de sensibilité.

M. Langmuir a reconnu que la meilleure disposition à donner au conducteur interposé entre les électrodes était celle d'une grille composée de fil fin en spires parallèles ne se touchant pas. Dans le pliotron représenté par la figure 3, la cathode est formée d'un filament C placé au centre d'un cadre en verre F, autour

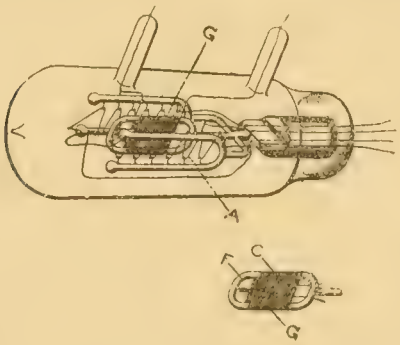


Fig. 3. — *Pliotron.* — C, filament; F, cadre en verre; G, grille en fil de tungstène; A, anode.

duquel est enroulé un fil de tungstène d'environ 0,01 millimètre constituant la grille G. L'anode A est un fil monté en zigzags sur deux fourches disposées de part et d'autre de la grille.

Le tableau reproduit par la figure 4 montre la

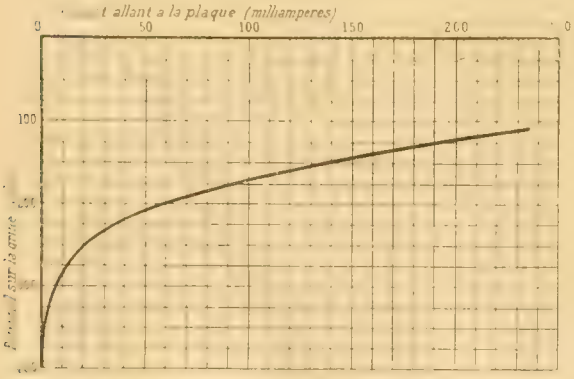


Fig. 4. — *Intensité du courant thermo-ionique, suivant le potentiel de la grille.*

relation entre l'intensité du courant thermo-ionique et le potentiel de la grille, dans le cas où le potentiel de l'anode est de 8,500 volts.

En employant une grille fine, le courant d'anode peut être complètement arrêté par une très petite charge négative sur la grille; tandis qu'une très faible charge positive suffira pour laisser passer un gros courant d'anode. On arrive ainsi à contrôler de très grandes quantités d'énergie dans le circuit de l'anode, au moyen de quantités d'énergie extrêmement faibles dans le circuit de la grille. On augmente d'ailleurs à volonté les quantités d'énergie susceptibles d'être réglées de la sorte, en mettant plusieurs pliotrons en parallèle.

Ces propriétés du pliotron l'ont fait appliquer aux transmissions sans fil.

En reliant l'antenne d'un poste de T. S. F. à la grille d'un pliotron, et en disposant un récepteur téléphonique en série avec l'anode, on peut recevoir des signaux. Toutefois, le détecteur ainsi constitué est médiocrement sensible. M. W. G. White a trouvé qu'une très légère trace d'amalgame d'argent dans l'ampoule en augmentait considérablement la sensibilité.

Le pliotron peut également être employé comme oscillateur, en plaçant une self et une capacité dans les circuits de la grille et des électrodes, et en couplant les deux circuits.

Enfin, le pliotron est applicable à la radio-téléphonie et en simplifie notablement l'installation. Il n'est plus nécessaire d'associer au transmetteur un arc ou un alternateur de haute fréquence. L'antenne reçoit du circuit thermo-ionique une énergie de 2 kilowatts, dont les variations sont commandées par celles du courant de la grille, reliée à un transmetteur téléphonique ordinaire. L'énergie dépensée dans ce transmetteur n'a pas besoin d'être plus grande que celle qu'on emploie communément dans les réseaux téléphoniques : une faible pile suffit. Bien entendu, la transmission sans fil exige aussi deux autres sources d'énergie, plus puissantes, reliées aux électrodes du kénotron : l'une à basse tension, pour chauffer le filament cathodique, et l'autre à haute tension, pour alimenter l'anode et l'antenne. En fait, M. Langmuir a pu utiliser le courant alternatif fourni par une station centrale (118 volts-60 périodes). Le réseau de distribution était relié au primaire d'un petit transformateur portant deux enroulements secondaires. L'un de ces secondaires fournissait, à la tension de 5 volts, le courant nécessaire à l'échauffement de la cathode; l'autre élevait la tension à 800 volts : ce courant alternatif était redressé au moyen d'un kenotron et servait à charger un condensateur de 6 microfarads relié au pliotron et à l'antenne.

Les divers organes d'un poste ainsi constitué tiennent dans un très petit espace, et aucun ajustage n'est nécessaire pour assurer les conversations avec un autre poste établi de la même manière.

Ernest Coustet.

Les alliages métamagnétiques. — Dans des recherches sur les propriétés magnétiques des alliages cuivre-zinc, M. K. Overbeck[1] a constaté, chez quelques-uns d'entre eux, une relation entre le coefficient de magnétisation et la force du champ. Ceux-ci se montrent paramagnétiques dans les champs faibles, et diamagnétiques dans les champs forts. Leur magnétisme passe donc, pour des champs de plus en plus élevés, du paramagnétisme au diamagnétisme; l'auteur lui donne le nom de *métamagnétisme*.

La cause de ce phénomène paraît résider dans une addition de fer; ce n'est pourtant pas une propriété générale du fer de produire le métamagnétisme, comme le montrent des expériences sur des alliages de fer et de zinc pur, dont l'un, à teneur en fer bien déterminée (1,35 %), se montre complètement indifférent dans tous

1. *Ibid.*, page 327.

1. *Annalen der Physik*, 1915, n° 5.

les champs. Les alliages cuivre-zinc étudiés se composaient de proportions à peu près égales de cuivre et de zinc; il suffisait d'une addition de 0,0233 °/₀ de fer pour produire le métamagnétisme.

§ 2. — Photographie

Eclairage inactinique. — Les verres rouge rubis des lanternes destinées à l'éclairage des laboratoires photographiques ne sont plus suffisants pour préserver sûrement du voile les émulsions d'extrême sensibilité que l'on prépare actuellement. D'autant plus que les fabricants de plaques ne se sont pas bornés à exalter la sensibilité du bromure d'argent pour les radiations violettes et bleues : les progrès de l'orthochromatisme ont singulièrement compliqué le problème, au point qu'on pourrait craindre qu'il finisse par devenir insoluble, car comment éclairer une surface sensible qui, par définition, est impressionnée par toutes les radiations visibles? Heureusement, les émulsions panchromatiques même les plus parfaites n'offrent pas une égale sensibilité dans toute l'étendue du spectre; il s'y trouve quelques lacunes, et un choix judicieux d'écrans permet de les manipuler sans accident.

Tel est, entre autres, l'écran à la tartrazine et au violet de méthyle, que l'on peut aisément confectionner à l'aide de deux plaques hors d'usage. On les traite d'abord par une solution d'hyposulfite de soude à 20°/₀ additionnée d'une petite quantité de ferricyanure de potassium, jusqu'à dissolution complète du sel d'argent. On les lave soigneusement, puis on en teint une dans :

Eau	1 000 cc.
Tartrazine	6 gr.

L'autre est teinte dans :

Eau	1 000 cc.
Violet de méthyle	3 gr.

Après un quart d'heure d'immersion dans le colorant, on les rince sommairement, et on les fait sécher. En les superposant, gélatine contre gélatine, et en les réunissant par une bordure de papier gommé, on a un écran qui ne transmet que les radiations de l'extrême rouge du spectre et qui permet de traiter les plaques les plus sensibles, même les plaques panchromatiques.

MM. Lumière et Jougla ont cherché à réaliser, pour les diverses plaques de leur fabrication, l'éclairage à la fois le plus lumineux et le moins actinique. Ils l'ont obtenu par deux combinaisons de papiers colorés, désignées l'une sous le nom de combinaison *Rubra*, où l'on utilise des papiers rouges, et l'autre sous le nom de combinaison *Virida*, dans laquelle on superpose des papiers jaunes et des papiers verts.

L'éclairage obtenu avec les papiers Rubra peut être employé avec toutes les plaques non orthochromatiques, même les plus sensibles, comme les plaques étiquette violette de Lumière, ainsi qu'avec les plaques panchromatiques des mêmes fabricants et avec leurs plaques orthochromatiques série A, sensibles au jaune et au vert.

L'éclairage obtenu avec les papiers Virida est plus lumineux et moins fatigant pour l'œil que le précédent, mais il ne peut être utilisé ni avec les plaques de sensibilité extrême, ni avec les plaques orthochromatiques série A. Par contre, c'est l'éclairage qu'il convient d'adopter avec les plaques Lumière série B, sensibles au rouge et à l'orangé. Il est également recommandé pour le développement des plaques autochromes.

M. G. Lacaille a combiné les papiers jaunes Virida avec les papiers Rubra. Trois feuilles rouges alternant avec trois feuilles jaunes sont appliquées devant une lanterne Excelsior éclairée par une lampe Osram de 16 bougies. La surface éclairante étant de 20×20 centimètres, on peut développer soit des plaques extra-rapides, soit des plaques autochromes, en tenant la cuvette éloignée de 75 centimètres.

Malgré l'inactinisme de cet éclairage, il est toujours prudent de couvrir la cuvette avec un carton et de n'examiner la plaque que le moins possible.

E. C.

§ 3. — Chimie

L'antimoine et la guerre. — Nous avons déjà indiqué ici même les répercussions de la guerre sur la production et l'approvisionnement de certains métaux : cuivre, zinc, plomb, étain, nickel, mercure[1]. Pour compléter ces indications, nous donnerons quelques renseignements sur la question de l'antimoine, d'après un article récent de notre confrère *Engineering*[2].

Parmi les « petits métaux », l'antimoine est probablement le plus important en temps de guerre. Il est surtout employé pour durcir le plomb, et il joue par conséquent un grand rôle dans la fabrication des munitions.

L'antimoine se présente dans la nature à l'état de minerais, dont les plus importants sont le sulfure et l'oxyde, d'où on l'extrait par grillage et réduction. Mais, depuis quelques années, une source secondaire très importante d'antimoine est constituée par les minerais d'or et d'argent, où il existe presque toujours en proportions variables. Lorsque ceux-ci sont fondus, l'antimoine se combine avec le plomb de la charge pour former du plomb antimonié, qui est vendu directement sur le marché, sans en séparer l'antimoine métallique, car cet alliage est très pratique pour la plupart des cas où l'on emploie l'antimoine. Outre la fabrication des munitions, l'antimoine est utilisé à celle des caractères d'imprimerie et de certains métaux anti-friction; ses oxydes et ses sels trouvent des applications dans la peinture, la céramique, l'émaillage, la pharmacie, etc.

Le principal pays producteur d'antimoine est la Chine, qui a exporté en 1913 4.250 tonnes de minerai et 12.820 tonnes de régule d'antimoine brut. Les mines du Japon, qui ont eu une certaine importance il y a une dizaine d'années, sont aujourd'hui épuisées. Les autres pays producteurs sont : le Mexique, qui a exporté en Angleterre jusqu'à 4.000 tonnes d'antimoine brut en 1911, mais dont l'exportation est fortement ralentie par l'anarchie actuelle du pays; l'Australie, qui a exporté 2.000 tonnes de minerai en 1913 et dont la production augmente rapidement; enfin, et surtout, la France, qui a extrait en 1912 11.000 tonnes de minerai de son sol[3].

On voit donc qu'une partie de la production de l'antimoine est entre les mains des Alliés; ce métal ayant été déclaré contrebande de guerre, le ravitaillement de l'Allemagne et de l'Autriche est devenu, d'autre part, extrêmement difficile.

On aura une idée de la consommation qui est faite actuellement de ce métal par les fluctuations de son prix. Pendant l'année 1913, la moyenne a été d'environ 800 francs la tonne. A la fin de juillet 1914, le prix était seulement de 700 francs la tonne; en novembre, il s'élevait à 1.375 francs et à la fin de l'année à 1.500 francs. En 1915, cette progression s'accentuait d'une façon continue, et aujourd'hui le prix de la tonne atteint 3.000 à 3.250 francs.

La récupération des graisses des boues d'égout. — Les eaux d'égout des grandes villes emportent avec elles une certaine quantité de graisses, qu'on a évaluée à 10 grammes par jour et par habitant en moyenne. Lors de la clarification de ces eaux dans les bassins de décantation, la plus grande partie de ces graisses se retrouvent dans les boues qui se déposent sur le fond. Dans les villes allemandes, ces

1. *Revue gén. des Sciences* du 15-30 octobre 1914, t. XXV, p. 777.
2. Numéro du 9 juillet 1915, p. 43.
3. D'après les chiffres de la Statistique générale de la France; *Engineering* estime, dans la même année, à 5.400 tonnes l'antimoine préparé en France par le traitement des minerais natifs et importés.

boues renferment en moyenne 17 % de graisses; dans la ville anglaise de Bradford, avec ses nombreuses usines pour le lavage des laines, cette proportion peut s'élever à 40 %.

Dans beaucoup de cas, on aurait donc grand intérêt à traiter ces boues pour en récupérer les graisses. Il y a une vingtaine d'années déjà, sur l'initiative du Professeur Bechhold[1], de Francfort, une installation d'essai avait été construite dans cette ville pour l'étude de cette question. Les boues aqueuses y étaient traitées au-dessous de 100° par un solvant des graisses; les boues dégraissées se montrèrent faciles à déshydrater par simple pression, tandis que les boues non traitées retenaient l'eau avec énergie.

Les résultats de ces essais, poursuivis dans diverses directions, amenèrent la création d'un « Konsortium pour l'utilisation des eaux résiduaires des villes », qui a installé récemment à Buchenhofen, près d'Elberfeld, une nouvelle usine beaucoup plus grande que celle de Francfort. On y obtient, d'après le procédé Bechhold, une graisse brute noire, qui est séparée par distillation en 50 % de stéarine solide et 50 % d'oléine liquide; le résidu de la distillation est un goudron qui peut être employé comme isolant ou au graissage.

Les boues dégraissées et déshydratées sont utilisables comme combustible, ou encore comme engrais à cause de leur teneur en azote (3,2 %). La combustion des boues laisse une scorie qui est propre à l'empierrement des routes.

§ 4. — Géologie

L'origine des continents. — M. Rudzki a exposé récemment l'état actuel des différentes théories qui ont été émises sur l'origine des continents[2].

M. Trabert est frappé par la différence entre la température des eaux du fond de l'océan et celle qui règne à la surface de la plupart des continents. La Terre doit se refroidir plus intensivement au-dessous du fond des océans, maintenu continuellement à une température proche de zéro, que sous les continents où la surface du sol, chauffée par le Soleil est à une température variable, mais presque partout supérieure à zéro. A un refroidissement plus intense correspond un raccourcissement plus fort du rayon, de sorte que la profondeur des cuvettes océaniques doit augmenter avec l'âge. Donc, il suffit qu'il y ait eu à l'origine de légères inégalités de la surface pour que les océans aient pu atteindre leur profondeur actuelle, par le seul effet de la contraction.

Au lieu de la contraction, M. Wegener fait intervenir les mouvements horizontaux. Les continents sont les débris d'une écorce riche en silicates et aluminates (la *Sal* de M. Suess), flottant sur une couche riche en silicates et en magnésiates (la *Sima*). La Sal est fracturée par les déformations, entraînée par les courants de la Sima de la même manière que les champs de glace sont entraînés par les courants maritimes. Pour M. Wegener, l'Amérique ne faisait autrefois qu'un avec l'Ancien Monde; ce continent unique fut un jour fendu en deux parties, que les courants de la Sima ont éloignées l'une de l'autre; la fente, immensément élargie, est l'Océan Atlantique actuel; la même poussée horizontale a édifié aussi les chaînes de montagne qui bordent le Pacifique.

L'hypothèse du colonel Burrard est analogue. Les alluvions de la plaine du Gange recouvrent une fente de l'écorce terrestre; le Dekhan, et, en général, tout ce qui se trouve au sud de la fente n'a pas bougé, mais ce qui se trouvait de l'autre côté s'est replié vers le nord; c'est cette poussée générale qui a entassé l'Himalaya; le mouvement se poursuit encore, comme l'indiquent les tremblements de terre de 1885, 1897, 1905. Le colonel Burrard voit la cause de ce reflux vers le Nord dans le ralentissement de la rotation de la Terre : les mers se retirent de l'équateur vers les pôles, la terre ferme suit aussi ce mouvement, quoique avec quelque retard. Il considère comme prouvé que depuis 2.700 ans la Terre a perdu quatre heures, ce qui est très discutable.

Un grand avantage de la théorie isostatique sur les autres théories orogéniques consiste en ce qu'elle considère comme cause primitive des déformations une source d'énergie aussi abondante que le flux de chaleur envoyé par le Soleil. Ce flux entretient la circulation des eaux qui, à leur tour, transportent les matériaux solides d'un lieu à un autre et de cette façon dérangent continuellement l'équilibre. Le dérangement de l'équilibre se manifeste par des pressions et des tensions qui engendrent des mouvements intérieurs. Il suffit que l'équilibre des couches profondes, plus plastiques que l'écorce, ne soit pas dérangé. Dans la conception un peu extrême d'Airy, l'écorce flotte sur un fluide intérieur plus dense, tout à fait comme la glace flotte sur l'eau. On peut imaginer l'écorce comme formée de blocs d'épaisseur différente. Plus un bloc est épais, plus il s'enfonce dans le fluide intérieur; mais, en même temps, il s'élève aussi davantage au-dessus du niveau du fluide. Ce sont donc les blocs épais qui constituent les continents, les plateaux, les systèmes de montagnes, tandis que les blocs minces forment l'écorce sous-océanique.

On ne doit pas chercher une surface d'équilibre dans l'écorce. C'est le fluide intérieur qui est soumis aux lois de l'hydrostatique. La première surface d'équilibre qu'on rencontre en descendant vers le centre de la Terre (*surface de compensation*) se trouve, d'après les déterminations de M. Hayford, confirmées par celles de M. Helmert, à 120 km. environ de profondeur.

Il ne faut d'ailleurs pas traiter l'intérieur de la Terre de liquide dans le sens ordinaire du mot; il suffit qu'il soit plastique. La déformation d'un corps plastique, soumis à une force continue, augmente avec le temps et produit une sorte de courant, toujours extrêmement lent, et qu'on peut comparer au mouvement des glaciers.

Il est assez difficile de se rendre compte du mécanisme des chevauchements. On conçoit bien que les blocs chargés par la sédimentation s'enfoncent, que ceux lestés par l'érosion montent; par ci par là, un bloc lesté ou chargé trop inégalement penche, autant que ses voisins le permettent; il y a des couches qui glissent le long des pentes; mais on ne voit pas trop pourquoi l'écorce devrait effectuer des mouvements horizontaux nombreux et puissants. Pour y aboutir, il faudrait appeler le concours de la contraction séculaire; d'après M. Lukaszewicz, la compression latérale donne lieu à des ruptures en biais, après quoi une aile est poussée sur l'autre.

Encore importe-t-il d'être prudent dans les affirmations de cette nature. On a fait beaucoup d'objections à la théorie de la contraction séculaire. La plus grave, et la plus récente, résulte des recherches de M. Strutt, qui a montré que la teneur en radium des roches est plus que suffisante pour que la chaleur dégagée par la désintégration de cet élément compense la chaleur perdue par rayonnement. Il pourrait y avoir, au contraire, gain de chaleur et dilatation, au lieu de contraction.

« En fin de compte, poursuit M. P. Rudzki, nous arrivons à la conclusion que la cause des grands déplacements horizontaux dans l'étage supérieur de l'écorce paraît obscure. Mais, quelle que soit cette cause, nous pouvons établir la chaîne suivante des faits : l'énergie envoyée par le Soleil entretient l'érosion et la sédimentation depuis une suite innombrable de siècles; l'érosion et la sédimentation travaillent incessamment à modeler la face de la Terre et provoquent, peut-être avec le concours d'autres agents, des déformations. Ainsi les déformations ne cessent jamais, tout en variant en intensité et distribution. En conséquence, les continents subissent des changements continuels; de ce côté ils gagnent du terrain, de l'autre ils le perdent, mais, en raison même de leur grande étendue, ils sont *durables*, plus durables que les îles. »

1. *Chem. Ztg.*, t. XLV, p. 283; 1915.
2. *Scientia*, mai 1915.

Reste encore à expliquer pourquoi les continents sont asymétriques. On a proposé diverses explications : séparation de la Lune, migrations du pôle, influence des marées, etc. En réalité, pour les trois corps du système solaire dont on connaît le relief (Terre, Lune, Mars), celui-ci est asymétrique. Cela fait penser que les déformations symétriques d'une planète manquent de stabilité, c'est-à-dire que les déformations ultérieures ne tendent pas à détruire une oblitération de la symétrie déjà existante, mais à l'augmenter. Les théories de M. Jeans et de M. Love sont basées sur ce principe. Malgré qu'elles fournissent une explication globale satisfaisante, elles ne sont pas exemptes de difficultés.

C'est dire qu'il y a encore beaucoup à faire avant d'être en possession d'une théorie satisfaisante de l'origine des continents.

§ 5. — Zoologie

Le mimétisme chez les serpents.—Depuis quelques années, la conception du mimétisme, ou imitation protectrice, autrefois fort répandue, est tombée dans le discrédit. On attribue généralement aujourd'hui la concordance des formes dans divers groupes du règne animal qui vivent les uns à côté des autres à l'influence de facteurs physiques ou chimiques de l'alimentation ou du climat, et l'on nie l'adaptation protectrice produite par la sélection.

L'attention des savants vient d'être rappelée sur cette question par de curieuses constatations faites par M. Sternfeld sur un certain nombre de serpents. Cet auteur cite en premier lieu le genre de serpent venimeux américain *Elaps*, dont 35 espèces environ se distinguent par leurs anneaux rouges et noirs, ce qui leur a fait donner le nom de vipères-corail. Elles sont imitées par environ 60 espèces de serpents non venimeux, appartenant à 26 genres différents. Fait remarquable, la répartition géographique des espèces imitatrices coïncide très exactement avec celle des modèles, tandis que de nombreuses espèces des genres imitateurs, qui possèdent un autre domaine de répartition, ne sont pas colorées mimétiquement.

La concordance de la taille est aussi très remarquable : Les Elapides ont de 0,5 à 1 mètre de longueur; un seul atteint jusqu'à 1,9 m. Parmi les genres imitateurs, de nombreuses espèces dépassent ces limites en plus ou en moins; mais, parmi elles, seules les formes qui atteignent très exactement 0,4 à 1 mètre sont colorées mimétiquement; une seule atteint 1,95 m. et celle-ci se trouve dans la région de l'*Elaps* de 1,9 m.

M. Sternfeld a signalé des faits analogues pour des formes de serpents africaines et indiennes. En particulier, les serpents de mer venimeux de la famille des Hydrophines sont imités par des serpents inoffensifs, quelques Murénidés et même des anguilles; la coloration spéciale de l'imitateur ne s'observe que là où l'on trouve les modèles.

Ces faits, d'après l'auteur, ne peuvent s'expliquer que par la vieille théorie du mimétisme.

§ 6. — Géographie et Colonisation

Mission du professeur Emile Perrot pour l'étude des végétaux utiles de l'Afrique Equatoriale. — M. Emile Perrot, professeur à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris, a accompli, durant le second semestre de l'année 1914, une fructueuse mission en Afrique, consacrée à l'étude des plantes tropicales susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation, la thérapeutique et l'industrie, mission dont il avait été chargé par les deux ministères de l'Instruction publique et des Colonies. Il devait visiter certaines régions du Gabon français et du Congo belge. S'étant embarqué à Bordeaux le 15 juillet, et étant arrivé en Afrique au moment de la déclaration de guerre, M. Perrot a effectué son voyage dans des conditions particulièrement difficiles; cependant, il est rentré en France le 6 décembre, ayant pu y consacrer tout le temps qu'il avait prévu, non sans avoir dû modifier l'itinéraire primitivement fixé, mais ayant pu, par contre, porter ses investigations sur diverses parties de l'Afrique Occidentale, ce qui lui a permis de faire d'utiles rapprochements.

De Brazzaville, où il séjourna du 6 au 18 août, M. Perrot entreprit d'intéressantes excursions aux environs. Il se rendit ensuite à la mission des Pères Jésuites de Kisantu, dans le Congo belge, sur le chemin de fer de Matadi à Kinchassa, où existe un important jardin d'étude; avec le concours d'un des botanistes de la mission, le F. Gillet, il put réunir, pour le Musée de l'Ecole supérieure de Pharmacie, une riche collection d'échantillons. Grâce aux moyens de transport que lui a fournis le Gouvernement belge à Boma, à défaut du service ordinaire des bateaux, M. Perrot put aller visiter les plantations du Mayombe belge, qui comprennent surtout des cacaoyers, des caféiers, des arbres à caoutchouc, et qui ont une réputation très justifiée. Ayant gagné Libreville, il put encore prendre le temps de voir les plantations de l'estuaire du Gabon et du Como. Mais, en raison des difficultés qu'aurait présentées plus tard son retour en France, M. Perrot dut s'embarquer une dizaine de jours après.

Il put cependant encore faire en Afrique Occidentale une station assez prolongée. Pendant quatre semaines, par les moyens de transport les plus divers, il parcourut près de 1.800 kilomètres entre le littoral de la Côte d'Ivoire et la zone soudanaise, étudiant en chemin les diverses cultures indigènes ou introduites[1]. Sur un petit bateau de rivière, il arriva à Conakry ; ayant dû y stationner parce qu'un croiseur allemand menaçait la côte, il en profita pour aller voir le jardin de Camayenne et des plantations voisines de bananiers et d'ananas. Parvenu à Dakar sur le même bateau, M. Perrot eut encore le temps, avant de prendre le courrier de France, d'étudier les services sanitaires de la ville, de visiter les jardins des environs et, étant allé jusqu'à Saint-Louis, de voir le jardin de Sor, où beaucoup de cultures de végétaux utiles ont été essayées.

M. Perrot a été à même, au cours de ce voyage, d'étudier dans chacune des régions visitées, d'une façon précise et détaillée, l'état actuel des cultures, puis de se rendre compte de ce qu'il conviendrait de faire pour les améliorer et de voir quelles sont celles qu'il importerait surtout de développer. Mais ce qui donne aux résultats de sa mission une valeur exceptionnelle, c'est que toutes ces études, il les a faites, non pas seulement comme un explorateur qui serait à la fois un homme de science et un observateur sagace, mais surtout, ce qui est le plus important, en spécialiste éclairé. Ce qu'il a été voir, il était particulièrement préparé à l'étudier, car il s'agissait de recherches correspondant à l'objet même de ses travaux ordinaires et de son enseignement.

Chargé à l'Ecole supérieure de Pharmacie du cours de Matières premières d'origine végétale appliquées à la thérapeutique et à l'alimentation, il y étudie pour chacune d'elles ses origines, ses caractères botaniques et chimiques, sa culture et sa production, sa récolte, sa préparation et ses usages ; il se trouve amené en même temps à s'occuper d'autres genres de matières premières utilisées par l'industrie, matières tannantes, textiles, tinctoriales, etc., dont plus d'une a des applications pour la chirurgie ou l'hygiène. Son activité de professeur se porte donc sur l'étude des matériaux industriels d'origine végétale, en se spécialisant dans l'enseignement de l'Ecole aux plantes médicinales et alimentaires. De plus, le riche Musée de cette école, que précisément

1. M. Perrot a fait, le 4 novembre 1914, devant la Chambre de Commerce de Grand-Bassam, une conférence sur l'agriculture à la Côte d'Ivoire, dans laquelle il a présenté une comparaison très suggestive entre ce qui existe et ce qui pourrait être fait dans la colonie, et établi des rapprochements avec la situation des cultures au Gabon et dans d'autres colonies qu'il a visitées (*La Dépêche coloniale*, 8, 12, 15, 19, 22, 29 mai; 2 et 4 juin 1915).

dirige M. Perrot, est spécialement consacré aussi aux matières premières d'origine végétale. La mission dont il a été chargé se trouvait donc être un complément nécessaire à ses travaux, et, d'autre part, nul n'était mieux à même que lui de la remplir utilement.

A cette mission, complètement orientée vers l'étude appliquée de certains végétaux utiles, on doit l'examen de leurs conditions de végétation, la détermination des espèces ou variétés à propager, ainsi que de nombreux matériaux d'études, notamment en vue de recherches histologiques ou d'analyses chimiques. De Kisantu, M. Perrot ne rapporta pas moins de 250 échantillons végétaux. Enfin, il se documenta sur les questions d'hygiène générale et spéciale, en visitant les Instituts Pasteur, les laboratoires, les hôpitaux et en se renseignant sur les mesures d'hygiène prises et sur les œuvres d'assistance européenne ou indigène.

Les plantes dont M. Perrot a eu à s'occuper d'une façon plus particulière sont le cacao, le café et le palmier à huile.

Sur la première, il a déjà donné à notre *Revue* [1] une intéressante étude où il résume les constatations qu'il a pu faire au cours de sa mission et où il montre le grand avenir que présente le cacaoyer au Gabon et à la Côte d'Ivoire. En ce qui concerne l'amélioration de ses procédés de culture, M. Perrot, très justement préoccupé de ce point, vient de faire paraître un petit *Guide* où le planteur de cacao trouvera des renseignements pratiques des plus utiles relativement au choix du terrain, à son exposition, à la culture proprement dite de l'arbre, à sa conduite suivant les conditions du milieu choisi, à la lutte nécessaire contre les ennemis de toute nature, enfin à la préparation du cacao[2].

En ce qui concerne le caféier, on en trouve en Afrique des variétés nombreuses, estimées localement, mais on ne le cultive pas encore comme on pourrait le faire. Ce qu'il faudrait, c'est sélectionner les meilleurs types de ces variétés et créer un type africain. C'est ainsi qu'au Gabon le café pourrait être un produit d'avenir, mais il importerait de faire choix d'une espèce qui pourrait fournir au commerce un produit de qualité régulière et en quantité suffisante. Au Moyen-Congo, le caféier n'est guère cultivé que par les indigènes.

Le palmier à huile constitue une immense richesse latente de nos colonies du Gabon et de la Côte d'Ivoire. Dans cette dernière, où il abonde autour des lagunes, on n'en a pas encore tiré tout le parti que l'on en peut attendre. Au Gabon, où on le trouve répandu partout et où il forme des peuplements naturels, il est nécessaire, pour donner à cet arbre toute sa force productive, de transformer les palmeraies naturelles en de véritables plantations. Dans le Moyen-Congo, le palmier à huile, qui, sur certains points, existe en nombre considérable, est un produit difficilement rémunérateur à cause des difficultés de transport; aussi n'existe-t-il d'exploitation en pleine activité ni dans la colonie française ni dans la colonie belge. Au surplus, M. Perrot fait observer que, si le palmier à huile a pris un remarquable développement au Dahomey, où il fructifie abondamment dans la grande brousse, les conditions ne sont plus les mêmes à la Côte d'Ivoire et au Congo. Là, les palmiers se trouvent groupés par places dans la forêt, au milieu de laquelle il faut les dégager pour leur donner l'air et la lumière nécessaires; il convient de supprimer les arbres trop âgés et de déplacer les jeunes pour en faire des plantations régulières. Tous ces aménagements entraînent forcément à de fortes dépenses avant de réaliser des gains.

A côté de ces trois grands produits, d'autres encore méritaient d'être envisagés et ont été étudiés par M. Perrot. L'un d'eux est le coton, qui certainement est appelé à réussir, et qui existe presque partout parmi les cultures indigènes, à la Côte d'Ivoire par delà la grande forêt et au Moyen-Congo, et M. Perrot estime que le meilleur moyen, pour le développer, serait, sans essayer d'introduire des variétés étrangères, de faire un choix parmi les espèces que cultivent les indigènes.

Les arbres à caoutchouc, le Funtumia notamment, ont été très développés à la Côte d'Ivoire, de même qu'au Congo, dans les régions de la Sangha et de l'Oubangui, mais leur culture est surtout une question économique et de pure concurrence; l'extension du caoutchouc se trouve subordonnée à la condition que son prix de revient ne dépasse pas celui atteint en Cochinchine et dans l'Inde malaise.

Le kolatier est très cultivé aujourd'hui à la Côte d'Ivoire et a pris une importance commerciale croissante sur les grands marchés africains. M. Perrot avait déjà étudié cette plante d'une façon approfondie, et dans un volume qu'il avait entrepris en collaboration avec M. Auguste Chevalier[1], il a traité de l'anatomie et des caractères histologiques des kolatiers, et donné une étude chimique et pharmacologique de la noix de kola. Au cours de ce voyage, M. Perrot a pu recueillir quelques observations sur la culture du kolatier.

Il s'est préoccupé aussi de diverses autres cultures, arachide, papyrus, vanille, sur lesquelles il faudrait se livrer au Gabon à des expériences méthodiques. Il a parcouru à la Côte d'Ivoire les premières zones à karité, arbre sur lequel il a publié jadis une monographie[2], et il estime que la multiplication de cette essence pourrait être avec juste raison encouragée.

En ce qui concerne l'exploitation forestière à la Côte d'Ivoire, M. Perrot insiste lui aussi, comme l'avait fait jadis M. Auguste Chevalier, sur la nécessité d'assurer au plus tôt la conservation et la reconstitution des forêts. Déjà, l'occasion était née pour lui de s'occuper des bois. Après que M. Aug. Chevalier avait réuni la riche collection tirée des forêts de la Côte d'Ivoire et du Gabon, qui se trouve au Muséum d'Histoire naturelle, M. Perrot s'était chargé d'établir leur diagnose microscopique, destinée à faire reconnaître l'identité des espèces; plus de 200 espèces sont actuellement préparées à ce point de vue et M. Perrot se propose de commencer, dès qu'il lui sera possible, la publication d'un premier volume.

Enfin, pour le Moyen-Congo, l'une des industries agricoles que M. Perrot trouverait le plus à propos de recommander est l'élevage des bovidés, tout au moins dans les régions où il n'existe pas de tsé-tsé; les résultats déjà obtenus par la mission de Kisantu viennent à l'appui de cette manière de voir. Mais, pour réussir, il importe de choisir les races avec soin et de s'assurer de la qualité des pâturages.

En dehors de l'étude particulière de chacun des produits végétaux, M. Perrot a recherché aussi quelles pourraient être les mesures les plus utiles à prendre pour développer la production agricole. La question de la main-d'œuvre est parmi les plus importantes. On devra s'appliquer à améliorer son recrutement et, en outre, il y aurait lieu de combattre énergiquement la maladie du sommeil qui, sur de nombreux points, diminue sensiblement la main-d'œuvre indispensable. M. Perrot recommande particulièrement l'institution en Afrique d'agents de l'agriculture tout à fait spécialisés, puis la création de stations d'expériences à programme défini et limité, et la formation de moniteurs noirs pour l'agriculture. Enfin, l'une des conditions primordiales pour obtenir une mise en valeur plus complète des colonies visitées par M. Perrot est, ainsi qu'il le fait remarquer avec raison, d'assurer sur la côte et dans les estuaires, dans les lagunes et sur les fleuves côtiers, une navigation rapide et régulière.

Gustave Regelsperger.

1. *Revue générale des Sciences*, 15 avril 1915, p. 219-222.
2. Professeur Em. Perrot : *Culture industrielle du cacao en Afrique. Guide pour le planteur.* Bingerville, Imprimerie du Gouvernement, 1915, in-8°.

1. *Les Végétaux utiles de l'Afrique tropicale française*, fasc. VI. *Les kolatiers et les noix de kola*, par Aug. Chevalier et Em. Perrot (Paris, Aug. Challamel, 1911, in-8°. 484 pages, 52 fig., 3 cartes hors texte, XVI pl.).
2. *Id.*, fasc. II. *Le karité*, par Em. Perrot (1907).

PIERRE MARTIN

L'un des derniers pionniers de la Sidérurgie moderne, Pierre Martin, vient de disparaître. Il s'est éteint le 21 mai dernier à Fourchambault, à l'âge de 90 ans. Son invention, qui date de 1865, a eu une portée considérable sur la fabrication de l'acier. Aussi n'est-il pas indifférent d'y insister un peu, et de rappeler ce qu'est le procédé Martin, dans quelles conditions il a été créé, et les raisons pour lesquelles il a pris un si grand développement à travers le monde.

Et d'abord quelques mots sur la vie de Pierre Martin, celle, hélas! de beaucoup d'inventeurs de génie qui enrichissent les autres sans aucun profit pour eux.

I

Pierre-Blaise-Emile Martin naquit à Bourges le 18 août 1824 d'une famille d'ingénieurs; son grand-père maternel était ingénieur civil à Toulouse, et son grand-père paternel avait participé largement au point de vue technique à la création des forges de Fourchambault (Nièvre), avec l'aide de son fils Emile, le père de celui dont il est question.

En 1854, Emile Martin acheta les usines de Sireuil (Charente) et chargea son fils Pierre de la direction. Celui-ci avait fait son instruction à Paris, à l'Ecole des Mines, et son apprentissage d'ingénieur pendant dix années aux usines de Fourchambault. Il était donc tout préparé, non seulement à prendre la direction des usines de Sireuil, mais encore à développer ces usines et à les améliorer.

Les ateliers comportaient un puddlage, un laminoir, une fonderie de fonte et d'acier et un hall d'ajustage, et l'on y fabriquait spécialement des bandages et essieux en acier puddlé.

C'est là qu'après de nombreuses expériences, avec l'aide de son frère Emile, Pierre Martin parvint à obtenir, le premier de tous, de l'acier fondu au four à sole. A l'Exposition internationale de 1867, il exposa des échantillons de son nouveau produit et obtint une médaille d'or.

La Cie P.-L.-M. lui confia aussitôt une fourniture importante de rails et les usines de Sireuil se développèrent. En 1868, la raison sociale se transforma en Société par actions, au capital de 2.500.000 francs, qui traita avec la Marine, la Guerre et les Chemins de fer pour l'exécution de diverses commandes. Toutefois, en présence du succès dont ils étaient l'objet, les procédés Martin furent attaqués de différents côtés, sous prétexte qu'ils ne constituaient pas une réelle découverte, et Pierre Martin appelé à défendre ses brevets dans une suite de procès intentés par de puissants adversaires. Dans cette lutte inégale avec les modestes moyens dont il disposait, il ne put que succomber et de guerre lasse abandonna la carrière industrielle. Alors que son nom était dans toutes les bouches, Pierre Martin, complètement délaissé, avait disparu, lorsqu'au commencement de l'année 1910 on le retrouva enfin, vivant dans la pauvreté au fond d'un petit village près de Fourchambault, où avait été établie la première usine de son père. Un mouvement unanime de sympathie s'éleva en sa faveur parmi les métallurgistes, et sur l'initiative du Comité des Forges de France une souscription internationale réunit les fonds nécessaires pour assurer à l'inventeur une retraite convenable. Au cours d'un banquet présidé par M. Millerand, qui était Ministre des travaux publics, Pierre Martin reçut la croix de la Légion d'Honneur. Enfin le 12 mai dernier, c'est-à-dire dix jours avant sa mort, l'*Iron and Steel Institute* lui décernait encore sa grande médaille d'or Bessemer. Ces hommages, quoique tardifs, étaient bien dus à l'auteur du procédé auquel on doit actuellement près des 3/5 de la production d'acier dans le monde.

II

La méthode indiquée par Pierre Martin est l'un des deux principaux procédés que l'on emploie maintenant pour affiner la fonte de fer et la transformer en acier. C'est l'application industrielle des principes posés par Réaumur. Ce savant, dans son traité sur l'art de convertir le fer en acier, publié en 1722, disait « que le fer doux est transformé en acier, lorsqu'on le tient immergé pendant quelque temps dans la fonte fondue » et que par suite on prépare l'acier « en fondant de la ferraille dans de la fonte » ; — il ajoutait plus loin « que la fonte peut être adoucie par le safran de Mars (sous-carbonate de fer) ».

C'était donc en germe dès cette époque le procédé par réaction dans son ensemble, mais les premiers essais d'application qui furent faits de ces principes ne purent être tentés que dans des creusets fermés et chauffés extérieurement. C'est seulement au début du siècle dernier que, pour arriver à une production industrielle, on songea à substituer la réverbère aux creusets. Dans la

Sidérotechnie de 1812, Hassenfratz décrit, d'après Vandenbrock, Inspecteur de l'Ecole des Mines de la Sarre, un four à réverbère qui existait en Angleterre pour préparer de l'acier fondu par voie de réaction avec un mélange de fontes, riblons, rognures et battitures. Toutefois, l'emploi de ce four ne paraît pas s'être répandu pour les raisons suivantes, d'après Gruner : « difficulté de produire régulièrement la température voulue et qualité inférieure de l'acier obtenu ». — Ce défaut de qualité résultait de l'utilisation de fontes ordinaires quelconques et aussi, comme nous le verrons, de l'ignorance où l'on était des propriétés bienfaisantes du manganèse.

En 1824, dans les *Annales des Mines*, Bréant revient sur la question, mais ne fait que l'indiquer : « Je suis convaincu qu'avec dse fontes très grises (?) on pourrait fabriquer très en grand de l'acier fondu dans des fourneaux à réverbère en ajoutant au métal en fusion une partie du même métal oxydé ou mieux encore de l'oxyde de fer naturel. » — 20 ans après, en 1845, Marshall Heath prend un brevet en Angleterre pour la fabrication d'acier fondu par réaction dans un four à réverbère chauffé au gaz oxyde de carbone, mais ne tente aucun essai pratique. En 1854, paraît un brevet de Stirling sur le même sujet, mais sans résultat. En 1855, on cherche un métal plus dur et plus élastique que le bronze pour la fabrication des canons. Dans ce but, Bessemer, en vue de produire en grande masse de l'acier fondu, prend un brevet pour le fabriquer sur sole : il essaie de fondre dans un four à réverbère de son invention un mélange de fonte et d'acier cémenté, mais, après plusieurs insuccès, il en vient à l'idée d'effectuer l'affinage par un simple courant d'air froid qui brûlera les éléments étrangers qu'on veut éliminer : c'est ainsi que son fameux convertisseur est trouvé.

La question est reprise en 1860 et 1861 par M. Sudre aux Forges de Montataire et à Rive de Gier, et surtout par le Commandant Alexandre, en 1861 à l'usine de Villeneuve près Brest, et en 1862 à la fonderie de Ruelle. Tous ces précurseurs renoncent bientôt aux essais entrepris, soit pour insuffisance de chauffage, soit parce que les fours avec leur garnissage ordinaire ne peuvent supporter plusieurs opérations, soit enfin parce que les matières premières employées sont de qualité inférieure.

En 1857 une innovation capitale s'était produite dans les procédés de chauffage industriel, les frères Siemens (William et Frederick) ayant trouvé un moyen pratique d'obtenir des températures bien plus élevées que celles réalisées jusqu'alors, tout en économisant davantage le charbon. Ils employaient le combustible sous forme de gaz, lesquels étaient rationnellement chauffés ainsi que l'air avant la combustion par les calories contenues dans les produits gazeux résultant de cette combustion, la récupération ayant lieu dans des conditions aussi parfaites que possible grâce à des inversions du courant gazeux. Ce système apportait une telle amélioration à la question chauffage que M. Le Chatelier, inspecteur général des Mines, entrevit dès cette date que grâce à son emploi on arriverait facilement à la fusion de l'acier sur sole. Il offrit même en 1862 à W. Siemens d'essayer, mais celui-ci refusa. En 1863, MM. Boignes, Rambourg et Cie, de la Sté des Forges de Commentry et Montluçon, se laissèrent enfin convaincre et résolurent d'appliquer, avec l'autorisation de Siemens, le brevet qu'ils avaient pris en leur nom du procédé de fabrication indiqué par Le Chatelier. Malheureusement l'essai tenté à Montluçon fut brusquement interrompu par un accident et abandonné.

Vers la même époque, en 1862, MM. Martin, qui avaient toujours en vue de perfectionner leur fabrication de pièces en acier puddlé de Sireuil, envoyèrent un ingénieur en Angleterre pour y étudier les fours Siemens, employés uniquement alors pour la fusion du verre et le réchauffage des paquets de fer. A la suite de ce voyage, un four de réchauffage Siemens fut installé à Sireuil, et c'est en constatant la température élevée obtenue régulièrement dans ce four que Pierre Martin décida d'appliquer le même chauffage à ses recherches de fusion de l'acier. Certes il ne fut guère aidé dans cette voie par W. Siemens, qui cherchait plutôt à l'en détourner, hypnotisé par l'échec de Montluçon. Pierre Martin insista avec beaucoup d'énergie, et après de nombreux efforts il réussit le 8 avril 1864 à obtenir de l'acier en fondant sur sole de la fonte et des riblons de fer et d'acier. C'était le *scrap process*. Toutefois le travail du four Martin ne devint réellement pratique que l'année suivante et le brevet pris ne date que du 28 juillet 1865.

De son côté, M. Siemens créa, par esprit d'imitation, une usine expérimentale à Birmingham pour y étudier la fabrication de l'acier sur sole en employant la fonte et le minerai de fer (*ore process*). Ces études subirent d'abord un échec et n'aboutirent que deux ans plus tard dans une grande usine du pays de Galles, tandis que des essais analogues repris en 1870 à Montluçon sous la direction de M. Le Chatelier réussissaient pleinement.

L'invention de Pierre Martin souleva de nombreuses critiques. On prétendait que le procédé n'était pas nouveau, que Martin n'avait fait que combiner d'une façon heureuse des éléments connus depuis longtemps, et que ses brevets n'indiquaient que des manipulations insignifiantes et des mélanges de matières sans importance.

Siemens lui-même nia la validité des brevets Martin, bien qu'il n'ait pas réussi à fabriquer de suite de l'acier sur sole, malgré l'excellence de son procédé de chauffage.

Martin reconnut très scrupuleusement en 1866 la part prise par Siemens dans la réalisation de son procédé, en lui concédant une participation aux bénéfices des brevets. Cela explique la dénomination « procédés Martin-Siemens » que nous avons adoptée en France, alors que nos voisins de l'Est, avec leur conscience élastique, oublient volontiers le nom de Martin. Et pourtant il n'est pas douteux qu'avant lui personne n'avait fabriqué un kilogramme d'acier sur sole et qu'aussitôt après la réussite de Sireuil et l'exposition si remarquée en 1867 des produits obtenus, c'est par milliers de tonnes qu'on le produisit.

Si Martin est arrivé au résultat en partant des mêmes principes que les autres, c'est par une profonde compréhension de ces principes, c'est grâce à une longue expérience pratique et à une intuition parfaite de la science métallurgique. Le four Siemens, Martin l'a conduit sans arrêt pendant 70 opérations, parce qu'il avait déterminé très exactement les proportions convenables de gaz et d'air qu'il fallait combiner, ainsi que les températures qu'on pouvait admettre. Pour ses mélanges, il n'employait que des matières soigneusement choisies, des fontes de St-Louis assez manganésifères et peu siliceuses, des fers puddlés provenant des mêmes fontes, des ferrailles convenables et certains minerais riches et purs. Il connaissait admirablement son métier de puddleur d'acier, l'un des plus difficiles, pour lequel on doit utiliser de préférence des fontes pures, riches en manganèse, et il est probable qu'au cours de ses essais d'acier fondu il a été favorablement influencé par les idées qu'il avait acquises de longue date [1]. Enfin dans la construction de son four, il fit un emploi très judicieux des briques siliceuses de Dinas éminemment réfractaires, grâce auxquelles les voûtes résistèrent longtemps aux températures atteintes.

III

En résumé le procédé Martin, tel qu'il se présente à l'origine, comporte deux variantes suivant que la fonte est affinée par un mélange de ferrailles toujours plus ou moins oxydées (*scrap process*) ou par du minerai de fer riche (*ore process*). Car, au four, il y a toujours affinage par oxydation, même quand on procède par dilution de la fonte dans une plus grande masse ferreuse, suivant la formule Réaumur. Le procédé Martin pouvait parfaitement prospérer à côté du procédé Bessemer, déjà fort répandu : tous deux avaient leur raison d'être. Celui de Bessemer, à cause de la rapidité de l'opération et du prix élevé des installations, ne s'adressait qu'aux grandes usines. Le four à réverbère convenait aux ateliers plus modestes, et sa conduite lente permettait la fabrication de qualités d'acier bien déterminées.

De plus on y utilisait, notamment en France et en Allemagne, les grandes quantités de riblons et de déchets provenant des laminoirs alimentés par les Bessemers. En Angleterre, au contraire, où il y avait plutôt pénurie de ces matières, on cherchait à affiner au four de plus fortes proportions de fonte en ajoutant plus de minerai pour hâter l'affinage. Dans aucun cas, toutefois, il n'était possible de traiter les fontes phosphoreuses au four Martin à garnissage acide, tel qu'il avait été conçu, car la silice des parois s'emparait des oxydes de fer et de manganèse et empêchait la formation de phosphates permanents, ceux-ci étant constamment décomposés et l'acide phosphorique libéré réduit de nouveau par le métal.

Vers 1880, par analogie avec le procédé de déphosphoration Thomas, on construisit des soles avec matériaux basiques et on fit des additions de chaux : on put ainsi traiter au four toutes les fontes phosphoreuses, et avec ce gros avantage sur le convertisseur qu'une teneur déterminée en Ph n'était pas obligatoire, puisqu'au Martin la source de chaleur est absolument indépendante de la constitution moléculaire du métal à affiner. Depuis lors, en raison même de cette élasticité, et à mesure que les minerais purs s'épuisent et que les ferrailles abondent davantage, on voit les installations de fours Martin basiques se multiplier et les procédés sur sole gagner du terrain sur les

1. L'importance du manganèse, soit au cours de l'affinage, soit en fin d'opération, est capitale.— On sait qu'à ses débuts le procédé Bessemer ne donna de bons produits qu'avec les fontes au bois de Suède, parce qu'elles étaient suffisamment riches en manganèse. C'est ce qui mit Robert Mushet sur la voie pour proposer les additions finales de manganèse, quand on traite des fontes ordinaires. On voit en passant combien une nation peut être gênée pour sa fabrication d'acier, quand elle ne contrôle pas les mines de manganèse.

procédés par convertisseurs [1]. L'adoption presque générale du mélangeur vint bientôt augmenter le champ du four Martin, en régularisant la composition de la fonte liquide et aussi en épurant le métal des éléments retardateurs de l'affinage comme le silicium, ou nuisibles comme le soufre.

1. Dans les trois grands pays métallurgiques : Etats-Unis, Allemagne et Angleterre, on constate les variations suivantes dans les proportions des différentes natures d'acier produit en 1900 et en 1910 :

	1900	1910
Acier Bessemer	38,2 %	23,8 %
Acier Thomas	21,3	19
Acier Martin	40,5	57,2 (Martin basique 48,3)

Sur la production mondiale d'acier en 1913 de 52 millions de tonnes, environ 30 millions de tonnes sont produits au four Martin-Siemens.

Mentionnons enfin les combinaisons d'appareils permettant une sorte de division du travail de l'affinage, et donnant un rendement encore plus intensif aux aciéries Martin, tels que les accouplements de deux fours Martin (procédé Bertrand-Thiel) ou d'un convertisseur et d'un four Martin (procédé Duplex) ou d'un four Martin et d'un four électrique, et rapprochons pour terminer la capacité de 50 à 60 tonnes des fours fixes construits actuellement de celle de 1.000 à 3.000 kilogs employés à l'origine aux usines de Sireuil. Ces quelques considérations suffisent pour montrer que la substitution progressive de l'acier Martin à l'acier Bessemer constitue peut-être dans ces derniers temps le fait le plus saillant dans l'histoire de la métallurgie de l'acier.

Emile Demenge.

UN INSTITUT AFRICAIN

DE TECHNOLOGIE AGRICOLE ET DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES

Combien de fois déjà n'a-t-on pas déploré l'absence complète, dans nos principales possessions tropicales, de tout centre scientifique de recherches s'appliquant directement à leur mise en valeur.

Cet état de choses si regrettable pour un pays, possesseur de vastes territoires en Asie comme en Afrique, est dû à de multiples causes dont l'une des principales est la conception extraordinaire que nous avons de la recherche scientifique elle-même.

La science n'est-elle pas, en effet, considérée chez nous comme un domaine dont les détenteurs ne doivent avoir d'autre but que d'en augmenter les acquisitions, sans se soucier des bienfaits qu'elles pourraient procurer à la nation par l'application des résultats acquis dans les diverses branches de l'activité humaine? C'est pourquoi, privées de conseils techniques, l'Agriculture et l'Industrie n'ont pas toujours su profiter des découvertes du Laboratoire, qui sont restées incomprises ou le plus souvent ignorées, personne n'ayant songé à créer les moyens propres à combler le fossé qui continue à séparer la théorie de la pratique.

Il en est résulté un état d'esprit fâcheux, si profondément entré dans nos mœurs que l'enseignement de certaines de nos Ecoles, créées spécialement dans un but d'utilisation pratique des connaissances scientifiques, a finalement évolué vers la science pure, d'où le résultat facile à prévoir : 1° que la plupart des élèves de ces Ecoles croiraient en quelque sorte se diminuer à leurs propres yeux en consacrant uniquement leur carrière aux seules œuvres d'application ; 2° que les agriculteurs et les industriels, souvent, il faut bien le dire, insuffisamment instruits et préparés, ont affecté, pour le moins, la plus grande réserve vis-à-vis de ces savants parlant une langue incomprise et ignorants de leurs besoins réels. La guerre actuelle ouvre les yeux de tous, car il a fallu le danger commun pour orienter les forces vives de la nation vers un utilitarisme dont dépendait l'existence même de la Patrie. Unis par une étroite collaboration scientifique, industriels, commerçants, économistes apprennent à se mieux connaître, et, selon toute vraisemblance, il en résultera un grand profit pour tous et pour chacun.

Or, en matière d'évolution économique coloniale, les questions d'ordre scientifique se posent à tout moment, et dans toutes les directions : géologues, botanistes, hydrographes, météorologistes, chimistes, zoologistes, hygiénistes, parasitologistes, etc., sont appelés à concourir à l'œuvre commune; aussi des travaux scientifiques de grande valeur concernant les colonies se sont-ils accumulés, sans qu'il apparaisse que l'évolution économique de la plupart d'entre elles en ait tiré tout le profit désirable.

Cela tient évidemment à ce fait que les efforts n'ont jamais été coordonnés et qu'il ne s'est

trouvé aucun organisme qui, en tenant compte des résultats, ait été susceptible d'orienter les efforts de l'Administration et des colons dans la voie du progrès. Voilà pourquoi il convient de réclamer encore avec la plus énergique insistance l'installation d'Instituts technologiques, au moins dans chacun de nos trois grands groupes coloniaux (Afrique occidentale et équatoriale, Madagascar, Indo-Chine), dont le but principal sera de provoquer les études et grouper les résultats; à notre avis, un office de renseignements commerciaux devrait y être attaché avec un musée des produits d'exportation et d'importation.

Le savant botaniste explorateur Auguste Chevalier a tenté d'installer en Afrique un centre d'études botaniques agricoles au Fouta-Djallon, et son initiative, pour des raisons que je juge inutile d'exposer, tout au moins pour le moment, ne me paraît pas devoir atteindre le résultat espéré; or, jugeant avec lui qu'il faut aboutir, je demande la permission d'exposer ma manière de voir à ce sujet et de montrer comment, en profitant d'une situation très particulière, on pourrait réussir à doter notre belle Afrique tropicale d'un organisme de consultation scientifique tout à fait en rapport avec ses vastes besoins.

I

Mais, avant d'aller plus loin, il est bon de se demander comment il faut concevoir l'installation d'un pareil *Institut de recherches scientifiques*, qui doit nécessairement s'adapter à notre organisation administrative et universitaire?

Du choix judicieux de son siège géographique, de son installation matérielle, des bonnes conditions d'hygiène locale, de la facilité et de la rapidité d'accès dépendront la réussite, et j'entends par réussite la fréquentation continuelle des travailleurs, venus de la colonie, de la Métropole et de différentes nations du monde, sans lesquels tout effort est *a priori* superflu.

Il faut encore que ces travailleurs ne soient pas entièrement isolés et que la vie matérielle présente un certain confort.

Voilà donc bien des conditions primordiales à remplir et je vois surgir des objections. Pour créer un pareil organisme, me dira-t-on, il faut trouver un vaste emplacement auprès d'un centre existant déjà et assez important, dans une région où la nature du sol et du sous-sol soit variée, près de la côte ou sur une des lignes de chemin de fer qui en partent directement; puis, ceci fait, intéresser de hauts personnages de l'Etat à cette affaire, trouver des crédits d'installation, assurer le budget nécessaire au fonctionnement, etc., etc.

C'est précisément dans la suppression de la plupart de ces difficultés que réside l'originalité du projet que je soumets à l'autorité compétente, ainsi qu'à toutes les personnalités ou groupements qu'intéresse l'évolution économique de nos possessions africaines, en les priant de l'examiner en toute impartialité.

Il existe en effet, dans le golfe de Guinée, une colonie, la Côte d'Ivoire, qui jouit du privilège de posséder *trois capitales côtières* à peine séparées par quelques heures de navigation en chaloupe à vapeur sur la lagune.

Je demande la permission de les brièvement présenter (voir fig. 1):

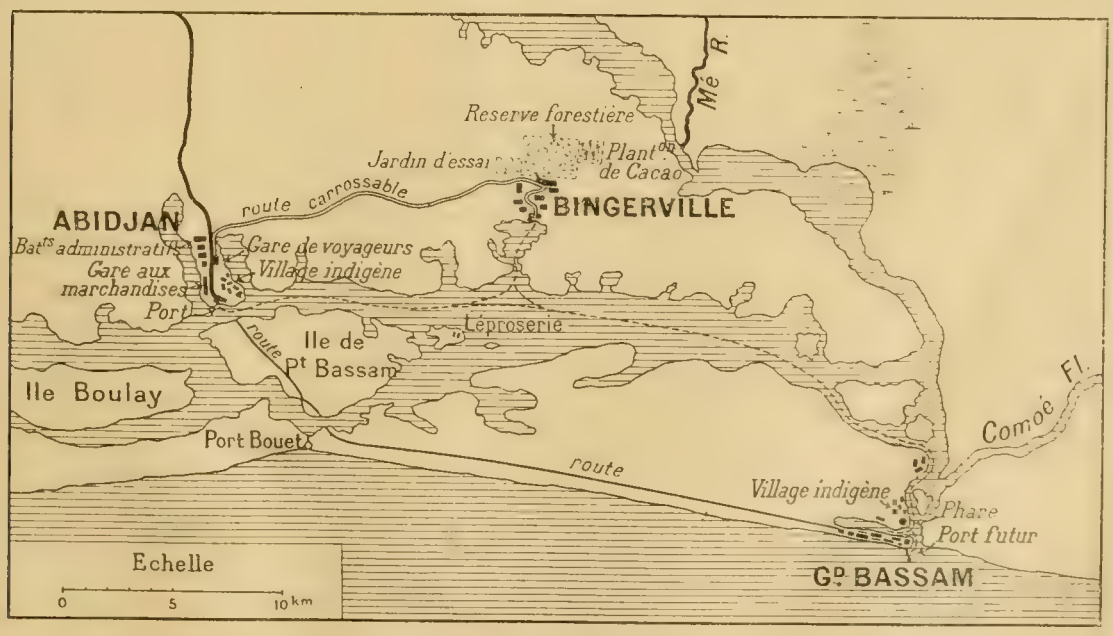


Fig. 1. — *Les trois capitales de la Côte d'Ivoire.*

1° *Grand Bassam, capitale maritime*, jadis nid à malaria, aujourd'hui agglomération propre, coquette même, d'où le moustique et partant les fièvres ont disparu. D'abord encore difficile à cause de la barre, elle sera vraisemblablement pourvue bientôt d'un beau port en eau profonde, défendu contre l'envahissement des sables par les eaux du fleuve Comoé. Cette facilité d'accès n'est pas à dédaigner, car par mers fortes ou la tempête, le pittoresque débarquement dans des paniers est sinon dangereux, tout au moins bien long et bien ennuyeux pour les marchandises comme pour les voyageurs ;

2° *Bingerville, capitale administrative*, à quelques heures de bateau sur la lagune ; petite agglomération bien installée sur un coteau aéré dominant cette lagune et en contact direct avec la grande forêt tropicale ;

3° *Abidjan, capitale future du commerce transafricain*, à quelques heures plus loin, tête de ligne du chemin de fer qui traverse la forêt dans sa moindre profondeur, pour aboutir à la jolie station de Bouaké, dans le Baoulé, en pleine brousse soudanaise.

On conviendra avec moi que ce luxe d'agglomérations européennes en un espace aussi limité est vraiment exagéré pour une colonie encore à peine conquise ; d'autre part, cette multiplication de centres n'est pas faite pour faciliter les relations commerciales et simplifier les rouages administratifs. Il est vraisemblable qu'une pareille situation ne saurait durer.

Le trafic du chemin de fer augmente graduellement, et avec les produits des cultures entreprises, cacao, café, coton, riz, graines grasses, avec le transport des bœufs du Soudan à la côte et des produits de cueillette forestière, il ne peut manquer de s'accroître dans des proportions élevées et rapides. Abidjan verra donc son importance grandir, et le temps n'est sans doute pas loin où le Gouvernement devra y transporter son siège.

Grand-Bassam, devenu pendant ce temps un port abordable, prendra un développement plus grand et sera l'entrepôt définitif des produits d'importation et d'exportation, non seulement de la forêt, mais *d'une grande partie du Soudan ivorien et nigérien*. Or, comme j'en ai entendu exprimer la crainte, il ne saurait être question de concurrence entre les deux villes. Rouen n'a pas gêné le développement du port du Havre, bien au contraire. D'ailleurs, les moyens de communication entre Abidjan et Bassam sont devenus faciles et la voie de terre, amenant le voyageur et les colis de Bassam à un point situé en face d'Abidjan, est déjà très améliorée ; d'autre part, un chenal permettrait aux cargos de remonter même jusqu'au quai d'embarquement du chemin de fer ? Il résulte donc du nouvel état de chose probable que Bingerville est un centre appelé à végéter dans son armature administrative, bien qu'il ait été créé une magnifique route d'une vingtaine de kilomètres, le reliant au chemin de fer. L'automobile parcourt cette distance en moins d'une heure, mais ce mode de transport reste difficile à la période des pluies et bien onéreux, sauf dans le cas où il peut servir au trafic de marchandises riches.

Loin de moi la pensée de critiquer ceux qui, au début de l'occupation de ces régions côtières, ont établi à Bingerville le siège du Gouvernement ; il pouvait, à cette époque, s'être présenté des raisons péremptoires pour un tel choix ; ces raisons n'existent plus et il convient d'envisager une solution nouvelle et mieux adaptée aux besoins créés par le développement de la colonie.

II

C'est donc l'utilisation des bâtiments officiels de Bingerville, *dans le cas de son évacuation administrative*, qu'il importe d'examiner. Pourquoi, dès lors, n'installerait-on pas dans le Palais du Gouvernement et ses annexes, d'abord l'hôpital, les laboratoires de l'Institut Pasteur et autres services d'hygiène, et les services de l'Agriculture ? En un mot, pourquoi ne transformerait-on pas ce centre en Institut général africain de Technologie agricole et de Recherches scientifiques, au fur et à mesure que les ressources budgétaires, et j'espère aussi les dons et subventions spéciales, permettraient la construction des bâtiments nécessaires aux nouvelles installations, corrélatives au transfert à Abidjan du chef-lieu administratif et militaire ?

Tout d'abord, la Côte d'Ivoire présente pour les études botaniques et agricoles un avantage manifeste que lui confère la configuration et la nature de son sol. Vers la côte, c'est la végétation lagunaire, puissante, spéciale, qui se réunit, sans autre transition que quelques bandes de savanes parallèles à la côte, au grand massif forestier tropical, qui s'étend de l'ouest de la Guinée à l'est de la Gold Coast. Justement cette bande forestière se rétrécit profondément dans la direction nord d'Abidjan ; aussi, c'est le chemin qui fut choisi pour sa traversée, afin d'atteindre au plus vite les régions plus riches de la grande savane et de la brousse.

Nulle part ailleurs, le *botaniste* ne trouvera une zone plus propice à ses études systématiques, géographiques, ou biologiques ; il en sera de

même pour l'*ingénieur agricole*, dont les observations pourront être des plus variées en ce qui concerne l'exploitation de richesses naturelles, venant de la forêt (Palmier à huile et autres graines grasses, Kola, *Funtumia* à caoutchouc), ou de la savane (Rôniers, Karité, *Landolphia* à caoutchouc, Fibres). Des cultures riches sont entreprises qui nécessitent toute sa sagacité (Cacao, Café, Coton, Sisal, Riz) et l'élevage, qui demande à être amélioré, appelle l'organisation d'un *Service de Zootechnie* dont l'utilité est indiscutée.

Le sous-sol de la Côte d'Ivoire recèle sans doute des richesses minières intéressantes, et des recherches heureuses sur l'origine des sables aurifères, en particulier, pourraient peut-être devenir pour la colonie une source de revenus fort

Fig. 2. — *Carte routière de la Côte d'Ivoire, avec les limites de la grande forêt.*

intéressants; l'étude du régime des pluies est à compléter et la meilleure utilisation des rivières pour l'exploitation forestière se trouverait évidemment bien d'études hydrographiques approfondies.

Les lagunes, où sont installées des pêcheries encore primitives, appellent des conseils éclairés, car le noir est grand consommateur de poisson séché et tous les ports de la côte sont prêts à écouler à l'intérieur les produits de la pêche bien préparés.

Ne pourrait-on également transporter à Bingerville le poste de télégraphie sans fil exilé à Tabou sans raison bien apparente, en un mot concentrer à cet endroit tous les services techniques?

La situation géographique et l'organisation des moyens de pénétration plaident encore en faveur de Bingerville, centre des études scientifiques africaines.

Grand-Bassam se trouve sensiblement à mi-chemin de Dakar au Congo et les paquebots rapides y font tous escale; la durée du trajet depuis Bordeaux est de 13 jours, de telle sorte qu'une absence totale de trois mois permet un séjour de deux mois à la colonie. Or, la traversée d'Abidjan à Bouaké, c'est-à-dire l'accès au Soudan, où un excellent hôtel est installé, se fait en une journée; de là, rayonnent ensuite des routes praticables à l'automobile[1] vers Béoumi ou Dabakhala dans le nord, et de Dimbokro, au sortir de la forêt, va partir la voie ferrée déjà commencée, qui bientôt par Daloa, Man, Nzo, rejoindra à Beyla la ligne de la Guinée (Conakry à Kouroussa sur le Niger), à Kankan point terminus actuel.

A quelques heures de là, le voyageur pourra gagner le massif intéressant du Fouta-Djalon et rejoindre la capitale de la Guinée. Des routes sillonnent de toutes parts la Côte d'Ivoire, qui, à bref délai, sera reliée commodément à toutes les autres régions de notre Afrique occidentale; il faudra même un jour prochain encourager la formation de caravanes de tourisme, car il n'existe plus de risques graves à courir et la génération virile, que les terribles événements actuels auront sans doute créée, trouvera dans ces excursions un puissant intérêt, et en tirera parfois un réel profit.

III

J'ai, il me semble, suffisamment insisté sur la situation privilégiée de la Côte d'Ivoire en ce qui concerne la documentation scientifique et la situation géographique, et montré quel usage précieux pour le pays on pourrait faire du centre de Bingerville; j'ajouterai maintenant que la réalisation du vœu que j'exprime est déjà commencée sans que, certainement, on eût envisagé la question à un point de vue aussi large que celui qui me préoccupe.

Soucieux des intérêts de la colonie qu'il administre avec une activité inlassable depuis huit années, le Gouverneur Angoulvant a fait aménager à quelques centaines de mètres du palais du Gouvernement un parc forestier d'une cinquantaine d'hectares auquel sont annexés : un jardin d'essai, une plantation de Cacaoyers et de Caféiers, une ferme-école indigène, et où il sera facile de grouper les végétaux utiles des pays chauds; le naturaliste, sans effort, aura sous les yeux la végétation tropicale et, de plus, se transportera rapidement et sans ennuis dans les endroits les plus impressionnants de cette forêt vierge, dont il n'a pu concevoir qu'en rêve la sauvage splendeur.

Les questions industrielles d'exploitation intéresseront-elles plus particulièrement le visiteur? En quelques jours, il pourra se rendre compte des efforts déjà faits concernant le Palmier à huile, le Cacao, le Café, le Coton, le Riz, etc.

Enfin, je le répète, le travailleur du Laboratoire, installé confortablement, pourra se livrer sans inquiétude pour sa santé[1] aux recherches les plus variées, si l'on donnait à ce projet la suite désirable. Mais, pour en assurer la réussite, il deviendrait nécessaire de faire dans la métropole un effort parallèle, afin d'assurer l'activité du centre ainsi constitué et de le doter d'un budget régulièrement et suffisamment alimenté.

Les ressources nécessaires proviendraient d'abord du Gouvernement général, qui profiterait aussitôt des solutions dégagées des études en cours, qu'il pourrait d'ailleurs inspirer, et auxquelles s'ajouteraient de petites subventions des gouvernements locaux voisins. De plus, la Métropole, les Universités, l'Académie des Sciences, les Ministères des Colonies et de l'Instruction publique pourraient attribuer des subventions, créer des prix spéciaux, des bourses d'études, et il n'est pas jusqu'aux Chambres de commerce qui ne soient amenées à leur tour à encourager pécuniairement une œuvre d'un aussi puissant intérêt général[2].

1. Ces routes, qui, chaque année s'améliorant et vont vers le nord, sont en état suffisant pour que le Gouverneur Angoulvant ait pu cette année, avec un auto-camion assez lourd, se rendre à Bammako (Haut-Niger), reliant ainsi la capitale de la Côte d'Ivoire à celle du Haut-Sénégal et Niger.

1. Le plateau de Bingerville, bien débroussé et, paraît-il, privé maintenant complètement d'arbres par un médecin chef hanté de la phobie du moustique, est fourni d'eau potable et éclairé à l'électricité.

2. Les sociétés et les colons seraient admis, moyennant légère redevance, à utiliser les services techniques (analyses agricoles, lutte contre les parasites, etc.) et seraient les premiers à bénéficier du nouvel état de choses.

D'ailleurs, cette nécessité de la coordination de tous les efforts vers le but commun, qui est la grandeur de la Patrie, ne s'est jamais aussi nettement affirmée ; c'est ce qui m'a encouragé à exposer ce projet qui ne m'a été suggéré par personne, mais, je le répète, s'est seulement imposé à mon esprit par la constatation récente des besoins de la colonisation.

IV

J'aurais aussi beaucoup à dire sur la nécessité d'une organisation métropolitaine de la recherche scientifique appliquée aux choses coloniales ; cela fera l'objet d'une étude spéciale ; toutefois je puis déjà émettre cette idée que, pour grouper les bonnes volontés, et elles sont assez nombreuses, il conviendrait de créer un organisme, que j'appellerai volontiers l'*Ecole des Hautes Etudes scientifiques coloniales*, établi par exemple sur le modèle de l'Ecole des Hautes Etudes à l'Université de Paris ; le cadre et les ressources en existent déjà en grande partie et le fonctionnement en serait rapidement assuré par les Instituts spéciaux et les Laboratoires techniques des Facultés françaises, dont les chefs sont si souvent consultés déjà par les Gouvernements coloniaux.

Somme toute, et pour ne pas sortir des limites que je me suis imposées, l'*Institut africain de recherches* peut prendre vie au lendemain de la guerre, et le Gouverneur Clozel, dont on se plaît à reconnaître les qualités administratives et la grande érudition, ne saurait manquer d'étudier avec M. le Gouverneur Angoulvant le projet que je leur soumets en toute sincérité, m'excusant de ne point les en avoir entretenus de prime abord, faute d'y avoir pensé à mon passage. Si des obstacles insurmontables s'opposaient à la réalisation progressive de ce vœu, cette note ne fera que rappeler encore une fois l'intérêt considérable qui s'attache à la création d'un *Institut africain de recherches scientifiques*, en mettant fin à la désastreuse méthode actuelle d'efforts dispersés et, partant, sans rendement appréciable.

Emile Perrot,
Professeur à l'Ecole Supérieure
de Pharmacie de Paris.

NOTES DE MÉCANIQUE SOCIALE : L'ÉNERGIE UNIVERSELLE

L'article qui suit étant la traduction un peu abrégée du dernier chapitre de mon livre, *Apuntes sobre Mecanica social*[1], quelques passages pourraient paraître obscurs — peut-être incompréhensibles — pour le lecteur.

Chaque fois que l'on parle de l'*individu*, il s'agit d'*un être de raison*, abstrait et simple, analogue (pour la Mécanique sociale) au *point matériel* pour la Mécanique rationnelle.

Quand on parle d'*élément social*, il s'agit de toute collection organisée d'individus, dans un groupement social. Et l'on admet que tous et chacun des éléments sociaux peuvent s'*individualiser*, grâce à leur représentation par un centre qui les symbolise. Pour apprécier la valeur scientifique de ces définitions, il faudrait lire les *Préliminaires* du livre. Je crois néanmoins que de telles insuffisances ne seront pas un obstacle insurmontable au lecteur pour se former une idée de ce que je dis sur les énergies psychiques sociales.

I. — Les champs de forces psychiques. Leurs caractères

Entrons maintenant dans la Mécanique sociale, pour traiter des forces psychiques, et voir comment elles agissent sur les individus et éléments d'un groupement social qui serait en mouvement dans une affaire sociale, c'est-à-dire en faisant des *travaux sociaux*, et en fournissant des *énergies psychiques*.

Arrêtons notre attention sur un seul individu. Nous avons dit que dans chaque individu, et pour chaque affaire, il y a à chaque instant un ensemble psychique composé d'idées, de sentiments, de volontés, etc., qui définit pour nous la *position de l'individu dans l'affaire* à cet instant. Et nous avons dit aussi : que de l'état *physico-physiologique* de l'organisme corporel émanent des influences qui, en agissant sur l'*être psychique simple* que nous appelons l'*individu*, constituent de véritables forces psychiques ; de même, de l'*état général psychique* de l'individu surgissent des forces qui peuvent agir aussi sur lui-même, et influer pour changer *sa position dans l'affaire* que l'on considère. Celles qui dérivent de l'état physico-physiologique aussi bien que celles qui viennent de l'état psychique en général auront à chaque instant des directions et des sens déterminés, avec des intensités également déterminées, en correspondance les unes et les autres avec le tempérament physique — pour ainsi dire — de l'individu chez qui elles surgissent[1].

1. Un vol. in-8° de 207 pages (chez l'auteur, Barquillo, 8 triplicado, Madrid).

1. Nous estimons utile de faire cette séparation pour qu'il

L'être individuel abstrait et simple, avec sa position dans l'affaire, se trouve en réalité placé au milieu de quelque chose qui — considéré dans son ensemble — constitue un *champ de force*, comme on dit en Mécanique. Ce champ, ou région où *il* se trouve, nous le voyons, à un instant donné, constitué comme il suit :

1° Par tout ce qui, étant physique et psychique — en dehors de l'espace occupé par le corps de l'individu naturel — entoure, pour ainsi dire, celui-ci, jusqu'au point où l'action qui peut être exercée sur l'individu que nous étudions est sensible ;

2° Par tout ce qui est physique et physiologique dans son propre organisme corporel ;

3° Par tout ce qui est psychique général *chez lui*, et pourrait influer sur lui pour modifier sa position dans l'affaire dont il s'agit[1].

Ce champ de force, si complexe, doit être regardé (pour l'individu abstrait et simple) comme une véritable *ambiance naturelle* externe et interne, physique et physiologique, aussi bien que psychique. L'individu, à chaque instant, étant libre, se meut — c'est-à-dire *se modifie* — avec une *accélération* déterminée dans l'affaire pour chaque position de l'individu, et *selon l'état du champ à cet instant*. Si nous concevions un individu avec l'*unité de masse* pour l'affaire, nous dirions que son accélération : par sa *grandeur*, donne la mesure de l'*intensité du champ*, et par *sa direction et son sens*, donne la *direction et le sens du champ* à cet instant, pour la position qu'il a dans l'affaire. Il est vrai que ce que nous avons appelé un *champ de force*, constitué, comme nous venons de dire, pour mettre en évidence un mouvement élémentaire de modification de l'individu, est un peu différent du champ de force que considère la Mécanique rationnelle pour l'étude du mouvement d'un seul point matériel : car les centres de forces psychiques — aussi bien externes qu'internes (quant à l'individu naturel) — ne sont pas des *centres fixes et d'un pouvoir mécanique constant*, mais changent d'un instant à l'autre physiquement et psychiquement ; aussi le pouvoir mécanique — psychique, pourrions-nous dire — de ces centres de forces est essentiellement variable. Voilà pourquoi, en parlant ici de l'intensité, de la direction et du sens du champ pour une position donnée de l'individu, nous avons ajouté, *selon l'état du champ de l'individu à l'instant dont il s'agit*. On comprend bien que la considération de l'individu dans son champ, pour la *Mécanique sociale* soit plus difficile que celle du point matériel dans la *Mécanique rationnelle*, et que, pour formuler les propositions, quant aux énergies psychiques d'un individu, il sera nécessaire d'adopter certaines précautions.

Le champ psychique dont nous parlons — par sa façon d'être — ne sera pas en général uniforme, c'est-à-dire que l'intensité, la direction et le sens du champ ne seront pas les mêmes pour tous les individus, dans toutes les positions et à tous les instants. Si l'on pense à divers individus, on voit que l'ambiance externe qui les entoure est en général différente de l'un à l'autre ; et, fût-elle égale, ce qui est physiologique et psychique dans l'ambiance interne des uns et des autres individus serait différent. Si l'on pense aux positions distinctes où se trouverait un même individu à deux instants différents de son mouvement, on comprend aussi que, quoique l'ambiance externe restât la même pour cet individu, chaque *changement de position dans l'affaire* qui se produira dans l'individu abstrait et simple en un certain laps de temps, sera simultané avec d'autres changements dans l'état organico-physiologique du corps de l'individu, et dans son état psychique propre, c'est-à-dire dans toute l'ambiance interne. On conçoit bien l'énorme complexité que tout ceci entraîne. On voit, en dernier lieu, que le champ de forces psychiques ne sera pas en général *uniforme*.

Dans ce qui suit, nous nous rapporterons seulement au cas particulier où la *direction* et le *sens du champ* sont constants pour chaque individu, c'est-à-dire au cas où la *ligne de force* est symbolisée par une *ligne droite*. C'est alors qu'on peut parler d'un champ psychique où l'individu est soumis, en chaque instant et dans chacune de ses positions, à une force pour laquelle on conçoit une seule loi de variation *de son intensité*. Le champ pour l'individu que nous étudions serait alors comme *s'il y avait* un centre unique de force situé sur cette ligne d'action et duquel proviendrait la force qui, en chaque instant, est la résultante des actions de tout le champ. Il est bon d'avertir, en outre, pour éviter des confusions et des contradictions, que nous allons étudier un seul individu, et que le champ particulier dont nous parlons sera le sien, et non celui d'un autre individu quelconque. Pour n'importe quel autre, son champ aurait *une autre direction et un autre sens, constants aussi pour lui*, et comme si la résultante de toutes les actions qui s'exercent sur cet autre individu venait d'un autre centre de force avec sa loi de variation d'*intensité*.

y ait plus de clarté dans ce que nous allons exposer ; mais sans indiquer par là que l'état psychique soit quelque chose d'*essentiellement* différent de l'état physico-physiologique, car c'est là une question étrangère à nos spéculations.

1. Le numéro 1 est ce que Mach appelle *extérieur à la limite U* ; les numéros 2 et 3 sont nommés par Mach *intérieur à la limite U*.

II. — Énergies cinétique et potentielle d'un individu dans son champ

En considérant donc un seul individu de masse unité, on doit penser que, même dans le cas particulier dont nous avons parlé, le champ où nous le verrons se mouvoir (c'est-à-dire se modifier) n'est uniforme que dans le cas très particulier où l'*intensité* du champ est aussi *constante*, c'est-à-dire que la résultante de toutes les actions qui s'exercent sur cet individu de masse unité — et dérivant de toute l'ambiance interne et externe, physico-physiologique et psychique — a non seulement une direction et un sens constants, mais aussi la même *grandeur* à tous les instants. Il est évident que, dans ce cas très particulier, le mouvement de modification de l'individu dans la direction et le sens de la ligne de force est uniformément accéléré.

Au cours de ces *Apuntes*, en étudiant le mouvement de modification d'un seul individu ou élément social, nous avons dit dès la *Cinématique* que, pratiquement et généralement, il réalise dans la vie les changements de position dans chaque affaire par une succession de mouvements partiels de *direction constante*, dont chacun est d'une durée relativement longue. Chacun de ces mouvements partiels se trouve dans le cas particulier que nous avons exposé, et nous pouvons lui appliquer ce que nous avons dit de *l'énergie psychique potentielle dans son champ* à chaque instant. Bien entendu, on doit supposer connue la loi de variation de l'intensité du champ, en fonction de la position qu'il aura dans l'affaire en chaque instant, parce que cette loi est celle qui *définira* vraiment le champ dans le mouvement partiel que nous considérons.

Après cet exposé, distinguons maintenant aussi pour la *Mécanique sociale* les deux classes d'énergie d'un individu dans son champ, savoir :

1° L'énergie actuelle ou *de mouvement* de l'individu dans l'affaire (nous l'appellerons *énergie cinétique*), qui, dépendant de sa masse m pour l'affaire, et de la *grandeur* de sa vitesse v à l'instant que l'on considère, se mesure en cet instant par $\frac{1}{2} mv^2$, et peut se transformer en *travail social*.

Cette énergie cinétique d'un individu dans une affaire ne diffère en rien de celle d'un point matériel en Mécanique rationnelle. Les deux facteurs *masse* et *grandeur* de la vitesse y interviennent identiquement, et la *grandeur de la vitesse* élevée au carré a la même influence prépondérante qu'en Mécanique rationnelle;

2° L'*énergie potentielle*, qui, dépendant de la masse m de l'individu pour l'affaire et de sa position à l'instant où on la considère, ainsi que de la nature ou constitution de son champ de force, se mesure en cet instant par *tout le travail positif* que pourrait développer la force du champ au moyen des changements de position de l'individu dans l'affaire [1]. Ce travail *total* devrait être apprécié par l'intégrale des travaux élémentaires, dont chacun est (au moyen du facteur m) le produit de l'*intensité du champ* (variable) en chaque position, par le chemin élémentaire parcouru et estimé en son sens à partir d'elle. Le parcours élémentaire pourrait s'apprécier par l'accroissement très petit du paramètre définissant sa position dans l'affaire.

On voit que ce potentiel de l'individu dans chaque position vaut et représente une énergie *en puissance*, dans le champ, pour l'affaire que l'on considère. Cette énergie existe toujours tant que le champ pourra exercer sur l'individu (abstrait et simple) quelque *action réelle et effective*, et cet *individu* pourra changer sa position dans l'affaire (c'est-à-dire se modifier) de façon à permettre à l'intensité du champ de faire un *travail positif*. Le potentiel dans chaque position exprime, donc, mécaniquement tout ce que peut encore produire l'individu par un mouvement de modification dans l'affaire; et c'est par conséquent de l'*énergie emmagasinée*, mais non encore développée, et qui peut se déployer, en comptant avec tout ce qui est interne et externe, symbolisé — pour le cas particulier que nous considérons — par la loi de variation de l'intensité du champ.

Si l'individu *de masse unité* passe d'une position initiale où son potentiel est π_0 à une autre où son potentiel est π (plus petit que π_0) par un mouvement quelconque sur la ligne de force (qui est le cas particulier dont il s'agit), on voit que la diminution $\pi_0 - \pi$ de potentiel mesure le travail positif fait effectivement par toutes les forces du champ qui agissent sur l'individu.

Ayant ainsi distingué les deux énergies psychiques *cinétique* et *potentielle* de l'individu dans son champ, appliquons le *théorème de l'énergie* à l'individu de masse unité; et l'on écrira :

$$\frac{1}{2} v^2 - \frac{1}{2} v_0^2 = \pi_0 - \pi :$$

autrement dit :

L'accroissement de l'énergie cinétique est égal à la diminution du potentiel.

Et, si on appelle *énergie totale* à un instant l'addition des énergies cinétique et potentielle

1. Nous sous-entendons que cette énergie potentielle, quoique rapportée à l'individu, est dans tout l'ensemble.

en cet instant, la proposition antérieure équivaut à cet autre :

$$\frac{1}{2}v^2 + \pi = \frac{1}{2}v_0^2 + \pi_0.$$

L'énergie totale de l'individu dans son champ se conserve constante à travers toutes ses modifications.

Pour nous rendre compte de la loi que nous venons de formuler, admettons que chaque individu en naissant ait une position initiale de paramètre *zéro* dans l'affaire que l'on considère ; et qu'il se trouve, à partir de cet instant, et pour un premier intervalle de temps de sa vie, au milieu d'un champ de forces constitué :

1° Par tout ce qui peut exister dans son organisme physiologique, hérité directement de ses parents, avec toutes les prédispositions psychiques héritées également (et qui semblent comme liées à la constitution physiologique même) que l'individu amène avec lui pour sa vie après sa naissance. Toutes ces dispositions physiologiques, avec les prédispositions psychiques, devront se développer physiquement et psychiquement. On peut dire, sans se tromper, que cette ambiance interne de l'enfant, en naissant, lui vient de *toute son ascendance;*

2° Par tout ce qui est physique et psychique dans l'ambiance externe, au milieu de laquelle se trouve placé l'individu dès l'instant où il naît[1].

On comprend ainsi que tout l'être de chaque individu, autant par l'héritage qu'il amène en naissant que par l'influence exercée sur lui par l'ambiance physique et sociale qui l'entoure, est intimement et profondément pénétré par le passé et le présent de la Société à laquelle il appartient[2].

Et l'on voit, ainsi que nous l'avions déjà dit, que tout ce qui constitue son champ est essentiellement variable dans le temps. En fait, l'organisme croîtra et se modifiera par des processus physiologiques et biologiques de la façon particulière qui correspondra à *la relation où il se trouve* avec toute l'ambiance externe, ambiance qui change d'un instant au suivant, en même temps que l'ambiance interne.

Si nous supposons que pendant un certain espace de temps, dès la naissance, l'action de *tout le champ* — quoique variable — soit telle que l'individu simple et abstrait se meuve — quant à une affaire — dans une direction et un sens déterminés, et que cette direction et ce sens se conservent constants dans tout cet espace de temps, nous pourrons dire que l'individu *avait* en naissant un potentiel déterminé pour l'affaire, potentiel qui dépend de tout ce qui constitue son champ avec la manière d'être de celui-ci. Le mouvement de modification qui fera passer successivement l'individu d'une façon continuelle par les différentes *positions dans l'affaire* qu'il va occuper sera tel qu'à mesure que son énergie cinétique augmentera, son potentiel se consumera. Comme nous l'avons dit, chaque diminution de ce potentiel sera équivalente au travail positif (ou sera mesurée par le travail positif) que feront les forces du champ pour accélérer le mouvement de modification dans l'affaire. On voit ainsi la transformation partielle et successive d'énergie potentielle en une autre cinétique équivalente pendant cette période de temps — c'est-à-dire la *conservation de l'énergie totale.*

Si la mort de l'individu ne survient pas dans cette première période, un moment arrivera où — l'individu occupant une certaine *position dans l'affaire* — le champ de forces subira de grandes altérations, auxquelles correspondent une direction et un sens nouveau dans lesquels l'individu se mouvra ou se modifiera[1]. Si, dans cette deuxième période, le nouveau champ (quoique toujours variable) permet de connaître, en même temps que sa direction et son sens, son intensité en fonction de futures positions, nous pourrons appliquer tout ce que nous avons déjà dit pour

1. La durée du premier intervalle de temps que nous allons considérer variera beaucoup d'un individu à un autre, et dépendra de circonstances ou d'accidents particuliers pour chaque individu.

2. Ceci s'accorde parfaitement (quoique l'aspect *mécanique* se distingue bien de l'aspect biologique) avec la formule biologique de M. Le Dantec. Selon lui, s'il intervient à la fois dans tout acte vital deux facteurs essentiels :

1° Le contenu du corps de l'être vivant..... A

2° Le milieu qui enveloppe l'être..... B

il est évident que, à un moment quelconque, le fonctionnement vital peut s'exprimer par la formule $A \times B$.

Et ainsi le passage de la forme A_{n-1} de l'être (à l'instant t) à la forme A_n (à l'instant $t + dt$) s'exprime — pour M. Le Dantec — par la formule symbolique :

$$A_{n-1} + (A_{n-1} \times B_{n-1}) = A_n.$$

Il est sous-entendu que le signe $\times$ n'a pas la même signification qu'en Arithmétique pour l'opération de multiplier. Ici il se rapporte à l'ensemble d'activités de tout genre, qui (au moyen des relations entre un corps vivant A et le milieu qui l'entoure B) s'opèrent par des actions et des réactions, à partir de chaque instant, et pendant chaque intervalle infiniment petit dt de temps.

Si par le symbole général $(A \times B)$ on exprimait la grandeur finie à un instant quelconque de l'activité totale entre l'être vivant A et son milieu B, le langage symbolique de M. Le Dantec permettrait peut-être d'écrire la formule générale :

$$A_n = A_0 + \int_{t}^{t_n} (A \times B) \cdot dt$$

lorsque de A_0 (instant t_0) on passe à A_n (instant t_n).

1. Si l'on considère bien, ce changement dans le champ de forces — que nous supposons rapide — ne se présenterait que dans des cas spéciaux ou dans des périodes *critiques* (par exemple, celle de la puberté), mais nous admettons cette discontinuité seulement pour donner plus de relief à notre pensée.

Dans la réalité de la vie, le procès de variation du champ de forces s'opère suivant la loi de continuité ; et, à la rigueur, on doit considérer l'individu avec son potentiel dans le champ de forces, se mouvant (ou se développant) d'une façon continuelle, en même temps que son champ se transforme continuellement. Ici nous nous bornons à voir ce qu'il arriverait en un point à cause d'un changement fini dans le champ de forces.

la première période, en voyant le potentiel qui (en rapport avec le nouveau champ) pourra correspondre à l'individu à l'instant initial de la deuxième période ; et ainsi de suite.

Dans tout ce que nous avons dit, nous avons considéré l'*intensité* du champ faisant un travail positif pour augmenter l'énergie cinétique de l'individu aux dépens de son potentiel. Mais, dans les vicissitudes de la vie, il peut y avoir, et il y aura, des périodes où l'individu se mouvra (dans l'affaire que l'on considère) en sens opposé au *sens du champ* dans cette période. Si, par exemple, un individu se trouve à un instant donné (que nous considérons initial) animé d'une certaine vitesse due à des causes antérieures, et s'il se voit placé en cet instant, et pour les espaces de temps successifs, au milieu d'un champ qui, par sa constitution et sa nature, a la même direction que la vitesse de l'individu, mais un sens *opposé*, il est évident que le mouvement de l'individu dans cette période sera *retardé*, c'est-à-dire que son énergie cinétique diminuera peu à peu par le travail *négatif* que fera la force du champ ; mais *son potentiel dans le champ* augmentera, puisque aux positions qu'il va occuper correspondra la plus grande quantité *possible de travail positif à effectuer par l'intensité du champ.*

Quand l'énergie cinétique que cet individu possédait à l'instant initial s'épuisera, parce qu'elle se sera transformée tout entière en potentiel, celui-ci sera maximum, quand l'énergie cinétique sera nulle; et à partir de cet instant le travail positif augmentera l'énergie cinétique à partir de *zéro*, et correspondra à un mouvement dans le sens même du champ, qui sera accompagné d'une diminution correspondante de potentiel. Par le *théorème de l'énergie*, la loi de la *conservation de l'énergie totale* s'accomplira toujours ; et *il y aura un instant* où *toute l'énergie* (en ne considérant qu'un individu) sera potentielle, et cet instant sera celui où la cinétique sera *nulle*.

III — Energies cinétique, potentielle et totale d'un élément social

Tout ce que nous avons exposé ci-dessus quant aux énergies cinétique et potentielle d'un seul individu qui se meut dans son champ, pourrait être appliqué à ce que nous appelons *un élément d'un groupement social*, si on l'individualisait. Pour cela, il faudrait :

1° Concevoir l'élément comme symbolisé par un point central, auquel on attribuerait une masse pour l'affaire, qui fût celle de tout l'élément social, et auquel on attribuerait aussi une vitesse de modification à chaque instant; l'élément social étant ainsi conçu ou individualisé, son énergie cinétique serait mesurée par $\frac{1}{2} mv^2$.

2° Concevoir que ce point central ou élément individualisé est dans un champ de forces psychiques constitué, d'une part, par tous les individus de la collection qui, en exerçant leurs actions sur le centre, formeraient l'*ambiance interne*, et d'autre part, par tout le groupement social, et par tout ce qui lui est extérieur jusqu'au point où l'action qu'on pourrait exercer sur l'élément que l'on considère est sensible, ce qui formerait l'*ambiance externe* pour l'élément. En appliquant à ce champ pour l'élément social les considérations faites en étudiant un seul individu, on devrait considérer chaque période du mouvement où la *direction et le sens du champ* seraient connus et constants, et où l'on pourrait connaître son *intensité*. Que cette intensité soit constante ou variable, on pourrait concevoir l'*énergie potentielle* de l'élément (dans chaque position qu'il a dans son champ) comme le produit de sa masse par *le potentiel* dans cette position (pour l'unité de masse).

On pourrait répéter, après cette conception, tout ce qui a été dit quant à un seul individu, et appliquer le théorème de l'énergie; et le principe de *la conservation de l'énergie totale* serait aussi établi.

On voit, en définitive, que (pour un individu comme pour un élément social) l'avenir, c'est-à-dire *ce qui résultera* du mouvement élémentaire de modification dans le temps, dépend *du présent*, dans lequel se trouve naturellement déjà *le passé*. Mais, bien entendu, *le présent* ne se rapporte pas seulement à l'état de l'individu ou de l'élément social en position et vitesse à l'instant que l'on considère, mais aussi à l'état (en ce même instant) de tout ce qui doit influer sur l'individu ou élément social, c'est-à-dire son *champ de forces*, constitué par tout ce qui est physique et psychique intérieurement et extérieurement et d'où dérivent les forces qui agissent sur lui. Tout cela est aussi *présent*, comme correspondant à l'instant dont il s'agit. Dans ce *présent* se trouve donc *toute l'énergie* de l'individu ou de l'élément social, dans les deux formes cinétique et potentielle.

Et il est très important d'observer que, par le développement et les transformations des énergies totales des individus et des éléments d'un groupement, ceux-ci influent à leur tour, très remarquablement, sur l'ambiance physique externe, et la modifient, en s'appuyant sur toutes les connaissances acquises par les sciences

physiques, chimiques et naturelles. A l'aide des sciences psychiques et sociales — si celles-ci progressaient suffisamment — on pourrait influer très notablement aussi sur l'ambiance psychique interne et externe. En définitive, on voit que, par répercussion, les forces des champs où se trouvent successivement les individus et les éléments sociaux se modifient peu à peu. De cette façon s'accomplit l'évolution totale de l'ambiance physique et psychique pour les individus et les éléments de toute une Société.

C'est à la Sociologie qu'incombe l'examen attentif, profond et détaillé, de tout ce que nous venons d'indiquer, pour voir si, grâce au progrès de la Psychologie expérimentale, il sera possible un jour d'entreprendre la constitution scientifique de la Mécanique sociale appliquée.

IV. — Energie des groupements d'individus et d'éléments sociaux

Pour trouver l'énergie d'un groupement social, commençons — comme toujours — par rappeler ce que nous savons de la Mécanique des systèmes matériels.

Quand un système de points de masses $m_1, m_2, m_3 \ldots$, se trouve en mouvement dans l'espace, et que l'on regarde ces masses comme exerçant des actions dynamiques *les unes sur les autres* (et rien de plus), le champ de forces, pour chacune d'elles, à un instant donné, est constitué par l'ensemble de toutes les autres. Ainsi, si à un instant donné,

le point de masse m_1 est dans la position M_1 dans l'espace
— m_2 — M_2 —
— m_3 — M_3 —
. . . . . .

l'énergie potentielle de la masse m_1 (dans la position M_1) sera le produit de m_1 par le potentiel V_1 qui correspondrait à la position M_1 dans son champ. Et en répétant de même, pour chacun des points du système, l'énergie potentielle de celui-ci serait :

$$W = \Sigma m V,$$

soit la somme de tous les produits des masses multipliées par leurs potentiels correspondants; mais, pour ne pas prendre deux fois chaque combinaison de deux points, on doit écrire :

$$W = \frac{1}{2} \Sigma m V.$$

Et comme chaque m V mesure tout le travail positif que pourraient faire les forces du champ (qui sont *les forces intérieures* du système) sur chaque point, on peut dire que chaque m V est un travail emmagasiné dans la position M occupée par ce point. Autrement dit : *l'énergie potentielle du système est la moitié du travail emmagasiné pour maintenir les points dans leurs positions respectives simultanées* $M_1, M_2, M_3, M_4 \ldots$ *à l'instant que l'on considère.*

Considérons la position occupée par le système de points en un instant initial t_0 et appelons-la A; si nous voyons passer ce système à une autre position B correspondant à un autre instant t_1 et s'il s'est déplacé seulement sous les actions des forces intérieures dont nous avons parlé, en supposant que ces forces dépendent uniquement des distances, c'est-à-dire qu'elles admettent une *fonction de force*, le principe de la *conservation de l'énergie totale* se vérifie, c'est-à-dire que, à chaque instant :

$$\frac{1}{2} \Sigma m v^2 + W = \text{constante}.$$

Il convient de rappeler aussi que, selon le *théorème de Hamilton*, le passage de la position A (instant t_0) à la position B (instant t_1) devra se réaliser par de *tels* changements successifs et continus *des positions* des points, et de *tels* changements successifs et continus des vitesses, que la variation de l'intégrale définie

$$\int_{t_0}^{t_1} \left[\frac{1}{2} \Sigma m v^2 - W \right] . dt,$$

devant être *nulle*, cette intégrale définie (de limites invariables) sera *minima* dans le mouvement *réel* du système, par rapport aux valeurs qu'elle aurait dans tous les mouvements virtuels possibles par lesquels le système pourrait passer dans le même temps de la position A à la position B.

Si l'on prend la *valeur moyenne* des valeurs par où passe la différence

$$\left[\frac{1}{2} \Sigma m v^2 - W \right]$$

de l'instant t_0 à l'instant t_1, et si l'on représente cette valeur moyenne par H, la valeur de cette intégrale définie est égale à H $(t_1 - t_0)$; le facteur $(t_1 - t_0)$ étant constant, on voit que le théorème de Hamilton nous conduit à dire, comme Poincaré : *que la moyenne* H *des différences entre l'énergie cinétique et l'énergie potentielle à chaque instant, quand un système passe d'une position* A *à une autre* B, *est la plus petite possible dans le mouvement réel et effectif du système.*

Ayant rappelé ce qui précède, venons-en à la *Mécanique sociale*, et imaginons un groupement social *vu en lui-même*, et constitué par des individus et des éléments sociaux (individualisés) avec leurs masses respectives $m_1, m_2, m_3 \ldots$, *pour une même affaire*, ayant des positions déterminées respectives $M_1, M_2, M_3 \ldots$ dans l'affaire, à un instant t.

Considérant chacun des individus et éléments — pour l'affaire dont il s'agit — seulement au point de vue de son rapport avec l'ensemble du

groupement, on peut dire ; que l'énergie potentielle du groupement considéré en lui-même, à l'instant t, sera appréciée par la moitié de tout le travail emmagasiné pour maintenir les individus et les éléments du groupement dans leurs positions respectives simultanées dans l'affaire à l'instant que l'on considère.

Il y a donc, dans chaque position d'un groupement social, un dépôt d'énergie (pour toutes les affaires sociales) qui est en puissance. Ayant ainsi conçu cette énergie potentielle dont on dispose pour chaque affaire, à un instant t, et faisant une application à un groupement national — par exemple — on doit penser que le but de l'éducation d'un peuple (en prenant le mot éducation en son sens le plus ample) doit consister fondamentalement en ce que les forces intérieures dans leur ensemble fassent *effectivement* des travaux *positifs* en chacune des affaires de caractère social, par les changements de position des individus et des éléments, pour développer ainsi, le plus qu'il sera possible, l'énergie potentielle qui existe dans le groupement social.

Voyons maintenant comment s'écrirait le *théorème de l'énergie* dans toute sa généralité. Rappelons pour cela que, outre les forces intérieures dont nous avons parlé, d'autres forces extérieures F, qui viennent du dehors du groupement, devront agir en général sur les individus et éléments du groupement [1]. Appliquons le théorème à partir d'un instant t_0, où les diverses vitesses des individus et des éléments se représentent par v_0, jusqu'à un autre instant postérieur t_1, où ces mêmes individus et éléments auront les vitesses v; si l'on représente par F les forces extérieures qui auraient agi dans cet intervalle de temps $t_1 - t_0$ et par f les forces intérieures, l'équation peut s'écrire ainsi :

$$\Sigma \frac{1}{2} mv^2 - \Sigma \frac{1}{2} mv_0^2 = \Sigma T.F + \Sigma T.f ;$$

autrement dit : l'accroissement de l'énergie cinétique du groupement, à partir de l'instant t_0 jusqu'à l'instant t_1, est égal au total des travaux faits (par le moyen des changements de position réalisés par tous les individus et éléments) par toutes les forces extérieures F et intérieures f, qui auraient agi.

Mais nous avons dit antérieurement que l'énergie potentielle du groupement à un instant t s'apprécie par tout le travail positif que pourraient faire les forces intérieures, et qu'elle dépend des positions dans l'affaire qu'occupent à cet instant t_0 les individus et les éléments. Si ce potentiel du groupement pour l'affaire est représenté par Π_0 et le potentiel correspondant à l'instant t par Π, suivant les nouvelles positions dans l'affaire, on sait que le travail fait dans cet intervalle de temps par toutes les forces *intérieures*, c'est-à-dire $\Sigma T.f$, équivaut à $\Pi_0 - \Pi$, qui est la diminution éprouvée par le potentiel du groupement pour l'affaire.

Par suite, le *théorème de l'énergie* peut s'écrire ainsi :

$$\Sigma \frac{1}{2} mv^2 + \Pi = \left(\Sigma \frac{1}{2} mv_0^2 + \Pi_0\right) + \Sigma T.F.$$

et s'énoncer de cette façon :

L'énergie totale d'un groupement social, relativement à une affaire à un instant quelconque t, est égale à l'énergie totale qu'il avait à l'instant initial t_0, augmentée du total des travaux qu'auront fait *dans cet intervalle de temps* $(t_1 - t_0)$ *toutes les forces « extérieures » au groupement, qui agissent sur les individus ou éléments de ce groupement.*

Cet énoncé fait voir clairement que, si les forces psychiques sociales qui viennent *du dehors* d'un groupement font effectivement *du travail positif* en agissant sur des individus et des éléments du groupement, ce travail est profitable, parce qu'il constitue une véritable *augmentation d'énergie totale* pour le groupement.

On en déduit que, si un groupement quelconque vivait pendant quelque temps absolument étranger à toute influence extérieure à lui, quant à une affaire, le dernier terme de l'équation de l'énergie serait *nul*, et il y aurait, par conséquent, *conservation d'énergie totale dans le groupement.* Par conséquent, si l'on augmentait l'énergie cinétique sociale :

$$\Sigma \frac{1}{2} mv^2 \quad \Sigma \frac{1}{2} mv_0^2,$$

l'on pourrait assurer, dans cette supposition, que — *en vertu des changements de position réalisés* par tous les individus et éléments — une partie du *potentiel social* dont on disposait pour l'affaire s'est consumée, et que cette dépense est exactement égale à l'augmentation d'énergie cinétique. Inversement, il ne pourrait y avoir d'augmentation de l'énergie potentielle du groupement, *par les nouvelles positions* dans l'affaire des individus et éléments, qu'aux dépens (toujours en supposant l'isolement) d'une diminution dans son énergie cinétique, exactement égale à cette augmentation.

Si le théorème de Hamilton était applicable aux forces sociales, on pourrait dire, relativement

1. On sait que si un groupement social, comme une Municipalité, par exemple, est dans un autre ou d'autres plus compréhensifs, comme la Région ou la Nation à laquelle elle appartient, les forces qui sussent des individus ou des éléments de ces groupements, et qui exerceraient une action sur cette Municipalité, sont *pour elle* des forces *extérieures* : mais ces mêmes forces dont nous parlons seraient des forces *intérieures* s'il s'agissait d'étudier le mouvement du groupement régional ou national.

au mouvement réel et effectif de modification d'un groupement qui passerait de la position A à l'instant t_0 à une autre position B (dans la même affaire) à l'instant t_1, que :

Si l'on compare le mouvement réel avec les mouvements virtuels infinis que l'on peut concevoir (en respectant les liaisons) pour parvenir au même changement de position dans le même temps, et si l'on voit, dans n'importe lequel des mouvements, les valeurs par lesquelles passe dans ce temps la différence entre les deux énergies cinétique et potentielle, et si l'on prend la moyenne de ces différences :

La moyenne dans le mouvement réel serait la plus petite possible.

Aucun groupement social, dans le monde civilisé, ne vit aujourd'hui complètement isolé en aucune affaire, et par conséquent il n'est pas entièrement étranger aux actions de forces extérieures qui font des travaux sociaux, et influent par ces travaux sur l'énergie totale du groupement.

V. — Conservation de l'énergie universelle

Si, pour terminer ce chapitre sur l'énergie, nous rappelons ce que nous avons dit en commençant quant aux transformations mutuelles des énergies physico-chimiques, et à leurs changements directs et inverses en énergies physiologiques, ainsi que les transformations mutuelles de celles-ci, et leurs changements directs et inverses en énergies psychiques; et finalement si nous rappelons que les diverses formes d'énergies psychiques s'échangent entre elles, peut-être pourrait-on dire que toutes les énergies physiques et chimiques, physiologiques et psychiques — tant cinétiques que potentielles (qui sont en rapport si intime) — sont des manifestations diverses d'une seule *Energie Universelle.*

Et si l'on admettait que le Monde constitué par notre Soleil avec les planètes et leurs satellites, etc., est un système isolé (quoique cela ne puisse pas être admis réellement d'une manière rigoureuse), on devrait penser que les forces de tout genre qui agissent dans notre Monde sont des forces *intérieures*; or, si elles sont toutes *conservatives*, la loi mécanique de la *conservation de l'énergie universelle totale* doit s'y vérifier. Bien entendu, l'on doit inclure dans ce total des énergies cinétiques et potentielles : toutes les énergies physiques et chimiques du monde appelé *inorganique*; toutes les énergies physiologiques du monde *organique*; et toutes les énergies du monde *psychique*. Et cela dans toutes les planètes, les satellites, etc., et dans notre Soleil. Après avoir accepté cette conclusion, on ne pourrait plus admettre la possibilité de la création ni de la destruction d'aucune partie de l'énergie physique, physiologique, ou psychique dans aucun corps, ni dans aucun organisme.

De la quantité invariable d'énergie universelle, seule posséderait *une valeur humaine* — à chaque instant — la partie dont l'homme saurait et pourrait profiter pour ses buts de n'importe quel genre. La partie *utilisée* par l'homme a été jusqu'à présent une fraction très petite de l'énergie totale; et la suprême aspiration sera toujours de retirer — pour les individus et les groupements humains, au moyen des transformations convenables — le plus grand profit possible de *toute l'énergie* que l'on parviendra à découvrir.

En pensant d'abord aux énergies physiques, il est bon de rappeler que, dans le procès de leurs transformations mutuelles, une considérable partie se *dissipe*, c'est-à-dire se répand sous des formes telles qu'il n'est pas possible à l'homme, en général, de l'atteindre et la recueillir, et bien moins encore de l'emmagasiner. Cette « *tendance à la dissipation de l'énergie mécanique de la Nature* », comme disait Lord Kelvin, est très contraire à l'intérêt humain. Beaucoup d'éminents physiciens estiment que la forme calorifique de l'énergie est *d'un degré* ou d'une qualité *inférieure* à l'énergie mécanique ; et que la transformation la plus *naturelle* est celle qui, en conservant la quantité, change une forme en une autre d'un degré inférieur (par exemple, l'énergie mécanique en chaleur). C'est ce que l'on veut signifier en parlant de la dégradation naturelle de l'énergie; car on pense que les transformations inverses — par exemple, de la chaleur en énergie mécanique — sont artificielles, c'est-à-dire obtenues par l'intervention de l'homme, et avec de grandes dissipations.

On sait que toute énergie est mesurée par le produit de deux facteurs, et que pour exprimer ainsi l'énergie thermique il a fallu recourir à la notion de *l'entropie*, facteur *quantitatif*, que l'on multiplie par la *température* (rapportée au zéro absolu), facteur *intensif*.

Le rapport des grandeurs des deux facteurs (d'une quantité d'énergie donnée) est très intéressant quand il s'agit d'en profiter pour *un but déterminé*. Ainsi, s'il s'agit de l'enfoncement d'un pilotis au moyen du martinet, il convient de faire prédominer le facteur *quantitatif* (masse) dans l'énergie cinétique d'une masse tombée d'une hauteur h ; mais, s'il s'agit d'un projectile lancé par un fusil, il convient, au contraire, de faire prédominer le *facteur intensif* (vitesse) dans l'énergie cinétique.

Une quantité donnée d'énergie thermique est d'autant plus profitable (en parlant en termes généraux, et pour les usages courants) que le facteur *intensif* (température) sera plus élevé; et ainsi le seul fait de la diminution de ce facteur (entraînant l'augmentation de l'entropie) rend cette quantité d'énergie moins utilisable en général, ou, comme l'on dit, *dégradée*, lors même qu'elle conserve sa grandeur. En outre, l'énergie thermique est plus propre à la *dissipation*, et c'est pourquoi les physiciens considèrent cette espèce d'énergie comme d'une qualité inférieure relativement à l'énergie électrique ou à l'énergie chimique.

Dans le cas *idéal* où l'entropie se conserve constante, la partie $(Q_1 - Q_2)$ d'une énergie thermique Q_1, qui peut se transformer en travail mécanique, correspond au coefficient de transformation $\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$, qui est exactement égal à $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$, selon le principe de Carnot. Mais, dans les opérations de la réalité, l'entropie *augmente* parce qu'il y a toujours conduction de chaleur, car ses accroissements différentiels sont tous positifs.

En appliquant cette conclusion à l'Univers — où l'énergie se conserve — on verrait un procès d'augmentation continue de l'entropie, avec *diminution dans les différences de température*, ce qui, à la fin, conduirait à la fameuse conclusion de Lord Kelvin.

Le Dantec proteste contre la classification des diverses formes d'énergie physique par degrés ou catégories, et des transformations en naturelles et artificielles, parce qu'il estime qu'elle n'a pas une base réelle ; car les agents physiques produisent parfois aussi les transformations inverses sans l'intervention de l'homme, c'est-à-dire *naturellement*, comme disent les physiciens. Et cette façon de parler serait injustifiée (selon le biologiste déjà cité), car l'intervention de l'homme est aussi *naturelle* que celle des agents physiques.

Quoi qu'il en soit, c'est aux sciences physiques et naturelles qu'il appartient (en se basant sur les lois découvertes) de procéder à la recherche des moyens d'augmenter de plus en plus la partie du fonds d'énergie physique et physiologique *profitable pour les buts humains*, ou de diminuer de plus en plus l'énergie dissipée, non utilisable par l'homme.

On pourrait peut-être dire quelque chose d'analogue quant aux énergies psychiques qui — à mon avis — intègrent, conjointement avec les énergies physiques et physiologiques, notre fonds *d'énergie universelle*. Non seulement il y a dissipation d'énergie dans les procès de transformation des énergies physiques, mais aussi dans les transformations des énergies physiologiques ou psychiques entre elles ; et il y a aussi dissipation dans les changements d'énergies physiques en physiologiques ou vice-versa, de même que dans les énergies physiologiques en psychiques ou vice-versa.

Mais, de même que l'étude théorique et pratique des énergies physiques et physiologiques est du ressort des sciences physiques et naturelles, la distinction — s'il était possible de l'établir — entre les travaux psychiques sociaux *utiles* pour le développement rationnel et harmonique des individus ou des Sociétés devrait incomber en premier lieu à la Psychologie et aux Sciences sociales : du même ressort devrait être aussi cette autre partie d'énergie qui se *dissipe* et est consumée en travaux inutiles (ou peut-être nuisibles) pour les individus et les groupements sociaux. Arrivera-t-on à cette distinction qui serait fondamentale pour la Sociologie..... ?

Quoique nous voulions employer le langage des physiciens, on ne pourrait pas parler de transformations *naturelles* d'énergies psychiques en d'autres d'un degré ou d'une qualité inférieur, puisque dans toutes ces transformations apparaîtrait toujours l'intervention de l'homme, et cela leur conférerait le caractère *d'artificielles* dans ce langage. Mais tout ce que nous avons exposé dans ces *Apuntes* montre (s'il ne démontre pas) combien sont *naturelles* les transformations d'énergies psychiques dans la vie des individus et des éléments sociaux ; et il semble, par conséquent, que l'on ne doit pas penser à une semblable classification pour les transformations des énergies psychiques.

Puisque nous ne parlons pas de transformations naturelles ni artificielles, et que nous ne faisons guère de référence aux dégradations d'énergie, disons seulement : il importe beaucoup à l'humanité de réaliser la plus grande *utilisation rationnelle* possible des énergies, tant physiques que physiologiques et psychiques, par l'homme, et en faveur de l'homme. Les sciences (toutes les sciences), en se consacrant à la découverte des lois et à l'investigation des procédés propres à atteindre la plus grande utilisation possible par la diminution de plus en plus grande de l'énergie dissipée, c'est-à-dire par l'augmentation des coefficients de transformation, contribueront ainsi à l'économie de l'Energie universelle.

A. Portuondo,
Ingénieur des Ponts et Chaussées d'Espagne

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Martinot-Lagarde (Capitaine C.), *Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.* — **Le Moteur à explosion.** *2e édition, revue et augmentée. — 1 vol. in-8° de 416 p. avec 173 fig. (Prix : 6 fr.). Berger-Levrault, éditeur, Paris et Nancy,* 1914.

M. P. Lorain a analysé ici-même la première édition de cet ouvrage [1], à laquelle nous renvoyons en ce qui concerne la disposition générale du livre.

Dans la seconde édition, qui s'est augmentée de 120 pages, l'auteur a cherché, tout en conservant le plan et l'esprit général de son œuvre, à montrer d'une façon plus explicite les liaisons qui existent entre le fonctionnement du moteur à explosion et les diverses sciences mécaniques et expérimentales. Puis il a complété la plupart des chapitres, de façon à les mettre au courant des récents progrès de l'industrie.

Ainsi, il a augmenté les développements relatifs à la mesure des vitesses angulaires, qui présente un grand intérêt pour le pilote d'avion ou de dirigeable et le conducteur d'automobile ; plus loin, il a introduit une description des distributions dites « sans soupape ». Un paragraphe a été ajouté au sujet des combustibles autres que l'essence en usage courant. Dans le chapitre relatif à la carburation ont pris place les nouveaux types de carburateurs employés. Le fonctionnement et la constitution des organes délicats de la magnéto et des bougies ont été étudiés plus en détail.

La question du graissage a reçu une extension plus en rapport avec son importance ; elle comprend l'étude générale des frottements au point de vue théorique et expérimental, et celle des principaux lubrifiants.

Quelques indications sont données au sujet des nouveaux dispositifs automatiques de mise en route. Enfin certains détails ont été introduits dans le réglage et la mise au point et l'analyse des causes de mauvais fonctionnement du moteur.

Ainsi mis à jour, cet excellent ouvrage continuera à être vivement apprécié de tous ceux qui ont à faire usage du moteur à explosion.

2° Sciences physiques

Turner (W. E. S.), *Lecturer in physical and inorganic Chemistry in the University of Sheffield.* — **Molecular Association.** — *Un vol. in-8° de 170 p. (Prix cart. : 6 fr. 25). Longmans, Green and C°, éditeurs, Londres,* 1915.

Ce volume appartient à la série des monographies sur la Chimie physique et inorganique publiées sous la direction du Professeur A. Findlay ; il constitue une addition importante à cette intéressante collection et montre une fois de plus la valeur de cette forme de publications. Le sujet est d'ailleurs l'un de ceux qui ont provoqué le plus de recherches depuis une vingtaine d'années. L'auteur expose la question dans tous les domaines qu'elle comporte : dans les gaz, les substances dissoutes, les liquides purs. Particulièrement en ce qui concerne ces derniers, on peut ainsi constater combien divergent les résultats obtenus par les nombreuses méthodes successivement proposées ; malgré le travail considérable accompli, malgré tous les résultats expérimentaux accumulés, la question demeure non résolue. L'importance particulière de l'eau vaut à ce solvant un chapitre spécial, que terminent l'étude de l'allotropie dynamique et l'exposé de quelques tentatives faites pour connaître la complexité moléculaire des solides.

Une bibliographie considérable complète le volume. Dans un important appendice sont rassemblées un grand nombre de données numériques sur la complexité moléculaire de nombreuses substances en solution. Il est inutile de souligner l'intérêt que présente cette méthode, qui devrait être généralisée dans les cas analogues. L'existence des Tables annuelles de Constantes, publiées par un Comité International dont M. le Professeur Findlay fut d'ailleurs l'un des fondateurs, permettra aux lecteurs de ces monographies de compléter constamment les listes de valeurs qu'elles contiennent et l'on aperçoit ainsi comment, pour les sujets qui s'y prêtent, peut s'établir cette documentation continuellement au point qui seule permet aux nouveaux venus dans un domaine de fournir rapidement un travail fructueux sans être rebutés par des recherches bibliographiques fastidieuses.

C. Marie,
Docteur ès Sciences.

Balta R. de Cela (Jose), *Professeur et directeur de l'Ecole Industrielle de Tarrasa.* — **Compendio de Electroquimica.** *Première partie :* Introduction a l'étude de l'Electrochimie. Principes fondamentaux. *2e édition. — 1 vol. in-8° de 196 p. avec 57 fig. (Prix : 7 fr. 50). Barcelone, Libreria de A. Bosch ; Madrid, Libreria de A. Roma,* 1915.

Il convient de féliciter l'auteur d'avoir, en écrivant cet ouvrage, rendu ses compatriotes indépendants de la littérature étrangère en cette matière ; le fait qu'une seconde édition est devenue nécessaire est d'ailleurs une preuve de l'accueil favorable qu'il a rencontré dans les pays de langue espagnole.

Cette première partie traite des généralités de l'Electrochimie et de ses lois générales ; la méthode d'exposition ne s'écarte pas sensiblement de celle suivie dans les nombreux ouvrages de cette nature. Désireux sans doute d'éviter toute difficulté d'ordre mathématique à ses lecteurs, l'auteur a cru devoir effleurer seulement ou même supprimer certaines théories ; il en résulte quelques lacunes. Nous souhaitons que le besoin d'une nouvelle édition se fasse sentir rapidement et permette d'introduire ces compléments utiles.

C. M.

3° Sciences naturelles

Knowlton (F. H.), *du Service géologique des Etats-Unis.* — **The fossil Forests of the Yellowstone National Park.** — *1 broch. in-8° de 31 p. avec 16 fig. (Prix : 0 fr. 50). Government Printing Office, Washington,* 1914.

L'une des curiosités du Parc national de Yellowstone, ce sont les forêts fossiles qui couvrent une étendue assez considérable de sa partie septentrionale, près de la rivière Lamar. Tandis qu'en d'autres régions les troncs ont été transportés, fragmentés et fossilisés par morceaux, là la plupart des arbres ont été ensevelis debout par des matériaux volcaniques meubles ; ceux-ci ont été ensuite graduellement enlevés par l'érosion, en dégageant les troncs fossiles qui se dressent aujourd'hui debout sur les collines dans leur position originale. Dans la région du Specimen Ridge, dont les flancs s'élèvent abrupts à 600 mètres environ au-dessus de la vallée, on a même constaté l'existence d'une série superposée de forêts ensevelies, qui sont mises à jour par le ravinement des pentes.

1. *Revue gén. des Sciences* du 15 mai 1913, t. XXIV, p. 360.

Ces forêts fossiles sont composées pour 95 % de Conifères (*Sequoia* et *Pityoxylon*), et pour le reste de chênes et de sycomores principalement. Le processus de fossilisation a été certainement en rapport avec l'activité volcanique et hydrothermale de la région ; il consiste dans le remplacement de toutes les particules de matière organique du bois par de la silice.

Ces formations datent de l'époque miocène. D'après le nombre des forêts superposées qui ont été retrouvées et le temps nécessaire aux arbres pour atteindre leur maturité, M. Knowlton calcule que la durée des dépôts de 600 mètres du Specimen Ridge doit être comprise entre 2.400 et 12.000 ans.

De belles photographies et micrographies illustrent cet intéressant opuscule.

L. B.

The Botany of Iceland (La Botanique de l'Islande), *édité par* MM. L. Kolderup Rosenvinge et Eug. Warming. *Part. I. — 2 vol. in-8°. Editeurs : J. Frimodt, Copenhague, et J. Weldon, Londres*, 1912-1914.

La première partie de cet important travail comprend deux fascicules qui ont trait, le premier à la végétation des algues marines, le second à la géographie physique et à la vie des plantes.

I. Helgi Jönsson : *The marine algal Vegetation. 1 vol. in-8° de 186 p., avec 7 fig.*

L'auteur de ce très intéressant mémoire donne d'abord la liste des Algues marines de l'Islande (200 espèces, dont 76 Floridées, 67 Phéophycées, 51 Chlorophycées et 6 Cyanophycées). Il n'y est fait mention d'aucune espèce nouvelle. M. Jönsson aborde l'étude des conditions de la végétation des Algues : nature de la côte, l'océan (mouvements, température, salinité), l'air (température, humidité, pluies, vents, lumière). Puis viennent la distribution horizontale des espèces et la composition de la flore : un tableau indique les espèces communes tout le long de la côte; un autre, celles qui sont spécialisées.

Les groupes auxquels se rapportent les représentants de la flore algologique islandaise sont : groupe arctique, subarctique, boréal arctique, boréal froid et boréal tempéré.

Nous trouvons ensuite une intéressante comparaison entre la flore islandaise et celle des régions avoisinantes (Groenland, Spitzberg, Finmarck, Færoes, etc.); 37 espèces d'Islande manquent aux Færoes et ces îles en renferment 51 qui ne se trouvent pas en Islande, etc.

Viennent naturellement la distribution des algues en profondeur dans la zone littorale supérieure, la zone littorale inférieure, la zone sublittorale et l'étude de la limite de croissance : dans la zone supérieure croissent 53 espèces, à 10 mètres on en trouve 48, à 20 m. 18, entre 30 et 40 m. 37, à 60 mètres et au-dessous on n'en trouve plus que 10.

Dans la zone littorale on peut envisager la distribution photophile ou strictement littorale avec les associations : *Prasiola stipitata*, *Enteromorpha* et *Acrosiphonia* et abondance des Algues filiformes, des Fucacées; la végétation ombragée avec association *Hildbrandtia* et *Rhodochorton* ; celle des flaques qui existent entre les rochers.

La zone sémilittorale comprend les : *Monostroma-association*, *Chorda-association*, *Polysiphonia urceolata-association*, *Crustaceous Algae-association*, avec abondance de Corallines et de *Rhodymenia*.

La zone sublittorale est caractérisée par l'abondance des Laminariacées, des Algues crustacées et des Floridées qui croissent à un niveau profond, par les *Desmarestia* et *Lithothamnion-association*.

L'auteur s'occupe ensuite de la *Sea-Grass*, végétation qui comprend la *Zostera-association*, généralement sublittorale, mais qui peut parfois s'étendre jusqu'à la zone sémilittorale.

Un chapitre est consacré aux différences de végétation entre l'est et le sud de l'Islande. Dans le sud manquent les associations arctiques (*Monostroma groenlandicum* et *Polysiphonia arctica*), et subarctiques (*Laminaria faeroensis*); dans l'Est, les associations *Pelvetia-Fucus spiralis*, *Fucus serratus*, *Phymatolithon polymorphum* et l'abondance des Corallines.

Quelques notes relatives à la biologie des Algues le long des côtes terminent ce très intéressant travail, qui doit être regardé comme un modèle du genre. Elles ont trait à la durée de la vie (espèces annuelles et vivaces), aux changements périodiques (périodicité de l'activité végétative, rénovation des lames des Laminaires, époques de fructification résumées en un tableau), à la végétation littorale d'hiver à Reykjavik.

II. Thoroddsen (Th.) : *An Account of the physical Geography of Iceland, with special Reference to the Plant Life. 1 vol. in-8° de 160 p., avec 36 fig.*

Le mémoire de M. Thoroddsen comprend plusieurs chapitres : topographie générale et géologie, conditions en rapport avec la superficie et le sol, climat, distribution de la végétation, formations botaniques.

L'Islande s'étend du 63 1/2 degré de latitude nord au 66 1/2, du 13° 27′ au 24° 30′ de longitude ouest; le cercle arctique la touche au nord. La côte est du Groenland en est éloignée de 330 kilomètres et le Danemark de 1500. C'est un pays montagneux, sans posséder cependant de véritables chaînes de montagnes; c'est plutôt un plateau (*Table-Land*) qui atteint 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer. On peut même y considérer deux plateaux, l'un de 88.000 kilomètres carrés, l'autre de 9.000 seulement.

Les glaciers couvrent une grande étendue. La limite des neiges n'est pas facile à déterminer en raison de la grande variation des facteurs climatériques : elle peut aller de 400 à 1.400 mètres suivant les régions. La plus basse limite des dépôts de neige permanents se trouve entre 250 et 1.000 mètres, celle des dépôts variables de 50 à 600.

Les rivières sont nombreuses et occupent de vastes espaces ; le volume des eaux est dû au climat humide et au grand nombre de glaciers.

Il existe quelques lacs, la plupart de peu d'étendue. La pêche y est d'une grande importance pour les habitants, en raison de l'abondance des Salmonidés (*Salmo alpinus* et *Trutta*). Le phytoplancton domine dans le sud et le zooplancton dans le nord.

L'Islande est constituée presque entièrement par des roches volcaniques, dont aucune ne paraît être plus ancienne que le Tertiaire. Les roches principales sont les basaltes et la brèche palagonique. On y rencontre des traces des temps tertiaires (troncs d'arbres).

Les volcans sont nombreux et ont continué d'être actifs depuis les temps primaires jusqu'à nos jours. Le plus connu est l'Hékla, avec 21 éruptions dans les temps historiques. Les tremblements de terre sont fréquents. Les sources jaillissantes alcalines chaudes se trouvent par centaines, fortement influencées par les tremblements de terre qui les font disparaître, les altèrent ou en font naître de nouvelles. Il en est de même des sources sulfureuses, qui produisent des solfatares exploitées dès le XIIIe siècle, et des sources à acide carbonique.

Le plateau intérieur, à l'exception des glaciers, consiste en déserts pierreux, laves, graviers et sables arides. Dans la plupart des régions habitées, le substratum est d'origine glaciaire et alluviale, souvent en connexion avec des cendres volcaniques et des graviers de lave.

Les formations tourbeuses ne sont pas rares, mais encore peu connues. On y trouve des restes des *Betula odorata* et *verrucosa*.

Les champs cultivés ne sont généralement pas labourés. On a pu en certains points pratiquer des irrigations.

Le climat est avant tout insulaire et plus doux, grâce aux courants océaniques, qu'on serait tenté de le croire. Le courant apporte de Sibérie une quantité de bois morts. De la même façon arrivent des fragments de

roches inconnues en Islande (gneiss, micaschiste, etc.), et des fruits des régions chaudes (*Mucuna, Entada*, etc.).

Le volume des pluies varie beaucoup avec les régions, généralement plus fort en automne et en hiver. La grêle tombe fréquemment en hiver et rarement en été.

Dans le Sud-Ouest, dans les années les plus favorables, il ne fleurit qu'un très petit nombre de plantes à la fin d'avril. En juin-juillet, la floraison est la plus abondante.

Le nombre des plantes phanérogames peut être évalué de 400 à 450. Aux Færoes on en compte 300, au Groenland 386, au Danemark 1450, en Norvège 1500. Les Cypéracées (44) et les Graminées (40) sont les formes dominantes; 25 Composées, 24 Caryophyllacées, 22 Crucifées, 17 Joncacées, 17 Fougères, etc. On trouve 300 Mousses, 233 Lichens, 543 Champignons, dont 452 parasites, et 54 sur *Betula odorata*.

L'introduction du bétail a exercé une grande influence sur la végétation et spécialement sur les taillis; l'auteur de ce travail signale d'importantes modifications de 1882 à 1894.

D'une façon générale, la végétation varie peu du Nord au Sud, dans la plaine et sur les hauteurs. Sur 359 espèces, 197 sont ubiquistes, 37 communes dans un petit nombre de localités, 72 rares, 53 très rares. Il n'existe, somme toute, qu'un très petit nombre d'espèces caractéristiques de certaines parties de l'Islande. Dans l'Est le *Campanula rotundifolia* abonde avec le *Saxifraga aizoides*, le *Trientalis europaea*, le *Cerastium Edmonstoni*, rares ailleurs. Dans le Sud, c'est le cas des *Rosa canina* et *pimpinellifolia*, du *Saxifraga Cotyledon*, etc.

La végétation dans le Nord-Ouest est pauvre et en rien caractéristique. Dans le Sud, et le Sud-Ouest, on trouve un certain nombre d'espèces de la flore française : *Anthyllis vulneraria*, *Spiræa Ulmaria*, *Valeriana officinalis*, etc. Dans le Nord abonde le *Milium effusum*; dans la région montagneuse, les *Phyllodoce cærulea*, *Primula stricta*, etc., ne sont pas rares.

Un grand nombre des plantes de la plaine se retrouvent sur les plus hauts sommets. Au voisinage des neiges et des glaces on rencontre : *Cassiope*, *Papaver*, des Saules, des Renoncules, *Armeria*, *Oxyria*, *Sibthorpia*, des Saxifrages, des Pédiculaires, des Lichens et plusieurs espèces de mousses du genre *Grimmia*.

A la région des Bouleaux appartiennent les *Betula odorata* et *nana*, le *Sorbus aucuparia*, le Genévrier, des Ericinées, etc. Au-dessus c'est la région des Saules (*Osier-Region*), avec les *Salix lanata*, *glauca*, *herbacea*, *phylicifolia*.

Les formations végétales peuvent être énumérées de la façon suivante : végétation de la ligne côtière; végétation des eaux douces; végétation autour des sources jaillissantes; végétation du sol humide (marais, etc); plateaux rocheux; plateaux graveleux; crêtes pierreuses; graviers des viviers; pentes des montagnes; sables, dunes, coulées de laves; formation des *Grimmia*; prairies gramineuses (*graesti*, *graesmo*); régions habitées et cultivées (*Tun*); landes de bruyères; taillis de saules; taillis de bouleaux.

P. Hariot,
Assistant au Muséum.

Mitchell (P. Chalmers), *F. R. S., Secrétaire de la Société Zoologique de Londres.* — **Evolution and the War** (L'évolution et la guerre). — *1 vol. in-12 de 114 p. avec 2 fig. et 1 carte.* (*Prix cart. : 3 fr. 25*). *John Murray, éditeur, Albemarle Street, Londres*, 1915.

Le Général von Bernhardi, dans son livre populaire : *England as Germany's vassal*, a écrit : « Où que ce soit que nous regardions dans la Nature, nous trouvons que la guerre est une loi fondamentale du développement. Cette grande vérité, qui a été reconnue dans le passé, a été démontrée d'une manière convaincante dans les temps modernes par Charles Darwin. Il prouva que la Nature est gouvernée par une incessante lutte pour l'existence, par le droit du plus fort, et que cette lutte, dans sa cruauté apparente, produit une sélection qui élimine le faible et le corrompu. » Et encore : « La force est le droit suprême, et la discussion sur ce qui est juste doit être décidée par l'arbitrage de la guerre. La guerre apporte une décision biologiquement juste, car ses décisions reposent sur la vraie nature des choses. »

Telle est la théorie des Allemands sur la guerre, et cette théorie se présente comme la conséquence logique d'une loi scientifique. Qu'y a-t-il de fondé dans ce raisonnement et dans l'application qu'on prétend faire des principes de Darwin, c'est ce que M. Chalmers Mitchell a cherché à mettre en lumière dans une série de conférences à la Royal Institution, qui ont été arrangées en volume sous le titre : *Evolution and the War.*

L'auteur n'a pas de peine à montrer le vice de la conception allemande. Son argument peut se résumer dans les quatre points suivants :

1° Même si la lutte pour l'existence était une *loi* scientifique, elle ne s'applique pas nécessairement aux affaires humaines;

2° Les nations modernes ne sont pas des unités du même ordre que les unités des règnes animal et végétal pour lesquelles la loi de la lutte pour l'existence est une conséquence supposée;

3° La lutte pour l'existence, telle qu'elle a été exposée par Darwin et telle qu'elle peut être suivie dans la Nature, n'a aucune ressemblance avec la guerre humaine;

4° L'homme n'est pas sujet aux lois de l'inconscient et sa conduite ne doit pas être jugée par elles, mais par son harmonie avec un non-moi réel et extérieur, une loi morale que l'homme a bâtie à travers les âges.

On lira avec un grand intérêt le développement des arguments de M. Chalmers Mitchell, vivifié par un grand nombre de faits intéressants empruntés aux sciences naturelles et à l'histoire. Peut-être ne le suivra-t-on pas jusqu'au bout lorsqu'il fait remonter à Kant — l'auteur pourtant de l'*Essai sur la paix perpétuelle* — l'origine de « la mégalomanie qui a détruit chez les Allemands le sens de la réalité et fait de la « Kultur » germanique l'ennemi de la race humaine ». Mais on le remerciera d'avoir défendu la doctrine de l'évolution contre l'abus criant fait de ses principes et montré que rien dans le domaine scientifique, pas plus qu'en aucun autre, ne saurait justifier les auteurs responsables de la plus terrible des guerres.

B. L.

4° Sciences diverses

Alexinsky (Grégoire), *Ancien député à la Douma.* — **La Russie et la Guerre.** — *1 vol. in-18 de 368 p.* (*Prix : 3 fr. 50*). *Librairie Armand Colin, Paris*, 1915.

M. Alexinsky est déjà connu par un livre sur la *Russie moderne* dont la première édition française est épuisée et qui a eu deux éditions anglaises. Dans ce nouveau livre, qui paraît aussi simultanément en français et en anglais, l'auteur se propose de faire mieux comprendre quelle est au juste la position de la Russie dans le conflit mondial.

Dans une première partie intitulée « Avant la guerre », l'auteur retrace les faits de politique internationale qui précédèrent le conflit actuel et les causes qui obligèrent la Russie à y participer. La guerre malheureuse contre le Japon a créé un revirement dans l'orientation de la politique extérieure russe, qui d'« asiatique » est devenue « balkanique » et « panslave », malgré l'opposition de tout un parti germanophile qui préconisait l'entente avec l'Allemagne et l'Autriche, en abandonnant à ces dernières les Balkans. (Les extraits du mémoire confidentiel de l'ancien ambassadeur russe Rosen, que cite M. Alexinsky, sont tout à fait typiques à cet égard.) C'est pour les besoins de cette politique que la Russie a été amenée à consolider son alliance avec la France et à rechercher une entente avec l'Angleterre, tandis que

le renouvellement du traité de commerce russo-allemand menaçait, au contraire, de créer un conflit économique violent avec l'Allemagne, par suite de l'attitude intransigeante des agrariens allemands et des junkers prussiens. Mais ces causes auraient été insuffisantes à déchaîner la guerre actuelle si les deux guerres des Balkans, et leurs conséquences, le conflit de l'Autriche avec la Serbie et la mainmise de l'Allemagne sur la Turquie, qui menaçait de barrer aux Russes la sortie de la mer Noire comme déjà celle de la Baltique, n'avaient précipité les événements. Après avoir examiné la vie intérieure de la Russie dans ces dernières année, puis l'état de ses finances, de son armée et de sa flotte, M. Alexinsky pose la question : La Russie a-t-elle voulu la guerre ? et il montre par des raisons péremptoires que ni la Russie populaire, essentiellement pacifique, ni la Russie officielle, par suite des liens d'esprit étroits entre les conservateurs russes et prussiens, n'ont désiré une guerre contre l'Allemagne. « Bien loin de l'avoir souhaitée, la Russie gouvernementale l'a esquivée jusqu'au moment où cette guerre lui fut *imposée* et où un nouveau recul devant le bloc austro-allemand lui devint absolument impossible. »

La seconde partie de l'ouvrage, « Dans la mêlée sanglante », nous trace le tableau de l'attitude du Gouvernement et de la Société russes devant une guerre inattendue : le manifeste du tsar à son peuple, demandant l'oubli des dissensions intestines [1] en face de l'ennemi commun, la séance du 8 août de la Douma qui montra « l'accord régnant dans la grande majorité des membres de l'assemblée au sujet de la guerre [2] », le loyalisme de la presque unanimité des nationalités de l'Empire : Polonais, Arméniens, Juifs, Lettons, Esthoniens, Finlandais, Ukrainiens, qui a déjoué l'espoir qu'avaient conçu l'Allemagne et l'Autriche de fomenter parmi elles, comme d'ailleurs parmi les socialistes russes, des mouvements séparatistes ou révolutionnaires qui auraient affaibli la résistance de la Russie.

Le Gouvernement a d'ailleurs pensé que le moment était venu de répondre aux légitimes aspirations de quelques-unes de ces nationalités (proclamations aux Polonais et aux Arméniens); mais pourquoi faut-il noter à côté un redoublement de rigueurs antisémites et la publication (novembre 1914) d'un oukase qui est un véritable programme de russification de la Finlande ?

A l'occasion de la guerre, le Gouvernement a été amené à prendre diverses mesures administratives et financières, dont l'une des plus importantes est sans contredit l'interdiction de la vente de l'alcool, préparée par un mouvement populaire de propagande antialcoolique sur laquelle l'auteur donne d'intéressants détails, et qui a déjà produit de si heureux résultats économiques et moraux. A côté des mesures du Pouvoir central, il faut signaler aussi l'action des institutions publiques, comme l'Union des Zemtsvos, l'Union des villes, des assemblées communales, et celle des associations privées, comme les coopératives, pour parer aux conséquences de la guerre.

Cette seconde partie se termine par des aperçus sur l'attitude de la jeunesse intellectuelle, le rôle de la littérature et de la presse, et surtout sur la mentalité du soldat russe actuel, bien différente de celle qui régnait à l'époque de la guerre contre le Japon, et à laquelle des ennemis mêmes ont rendu hommage.

Dans une dernière partie, « Après la guerre », M. Alexinsky recherche quels pourront être les effets et les résultats de celle-ci pour la vie de l'Etat et du peuple russes. Il ne croit pas que des acquisitions territoriales soient désirables pour la Russie, et en cela il se rencontre avec le général Kouropatkine, dont il reproduit plusieurs fragments du célèbre rapport sur les frontières de la Russie, présenté au tsar en 1900 et montrant les dangers de certaines extensions de frontières en Galicie et en Prusse orientale. Ce qu'il faut à la Russie, ce ne sont pas des terres nouvelles (elle en a déjà bien assez) : c'est une transformation radicale du régime intérieur, de la vie du peuple, des conditions économiques et politiques de son existence. Or la défaite de l'impérialisme et du militarisme allemand sera favorable à cette transformation, comme d'autre part l'établissement de relations plus étroites entre les démocraties anglaise et française et le peuple russe.

Tel est brièvement résumé le contenu de ce livre. M. Alexinsky est, on le sait, un représentant des partis russes avancés, et beaucoup de ses opinions paraîtront discutables. On doit reconnaître, toutefois, que, suivant la recommandation d'un autre écrivain russe, « les mots et les illusions périssent, les faits restent », il a cherché autant que possible à rester impersonnel et impartial, appuyant ses observations sur des faits et des documents. Ce sont ceux-ci qui font surtout la valeur du livre et le recommandent à l'attention de tous ceux qui veulent se documenter sur la Russie.

S. Lejeune.

Finot (Jean). — **Civilisés contre Allemands.** — *1 vol. in-18 de 343 p. (Prix : 3 fr. 50). E. Flammarion, éditeur, Paris*, 1915.

Dans ce livre, l'éminent directeur de *La Revue* a voulu opposer l'Allemagne d'aujourd'hui, avec son militarisme et ses appétits de domination universelle qui l'ont fait tomber dans une recrudescence de barbarie qui la ramène en arrière de plusieurs siècles, et les Etats alliés, qui, quelles que soient les différences qui les séparent, représentent néanmoins dans le monde la cause de la civilisation et du progrès véritables.

Les premiers chapitres sont consacrés aux deux empereurs germaniques, à la diplomatie allemande, dont les procédés ont fait le vide autour des empires du centre, à l'âme allemande et aux transformations qu'elle a subies sous l'influence du développement de l'orgueil national, du pangermanisme, de l'autocratie de ses dirigeants et du militarisme.

Dans les chapitres suivants, M. Finot montre une fois de plus qui a voulu la guerre actuelle, et comment cette guerre, soigneusement préparée par l'état-major allemand, s'est accompagnée de la part de ceux qui l'ont déchaînée de la violation de tous les droits et de tous les traités qu'ils avaient garantis de leur signature.

Puis l'auteur passe aux civilisés. Il peint les Français de nos jours et brosse de main de maître le tableau du magnifique spectacle de patriotisme, de concorde, d'héroïsme et de sacrifice qu'ils ont donné aux autres peuples. Parlant des Alliés d'outre-Manche, il montre ce que l'Angleterre doit à la France dans le passé et ce que la France en a reçu en retour, et il analyse les raisons profondes qui doivent conduire à une solidarité franco-anglaise de plus en plus grande. Enfin, il esquisse le tableau de la Russie d'aujourd'hui, de son peuple et de ses dirigeants, et les met en garde contre les menées allemandes que favorise un parti encore puissant à la cour.

Dans un dernier chapitre, M. Finot essaie de montrer ce que sera l'Europe délivrée du cauchemar du militarisme germanique et les profondes transformations morales et politiques qu'entraînera la victoire de plus en plus certaine des Alliés.

Ce livre emprunte un vif intérêt à la personnalité de son auteur, très au courant du mouvement des idées dans les divers pays d'Europe.

---

1. M. Alexinsky reproche au Gouvernement de n'avoir pas lui-même obéi à cette invitation, en continuant les persécutions politiques (affaire Bourtzef, en particulier) et en supprimant presque complètement toute la presse de gauche.

2. Les travaillistes et les social-démocrates ont proclamé que les masses ouvrières des champs et des usines doivent énergiquement participer à la défense du pays; toutefois ils se sont abstenus dans le vote des crédits militaires, parce qu'ils ne reconnaissent pas la légalité de la Douma actuelle.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 21 Juin 1915

1° Sciences physiques. — M. **E. Raverot** : *La notion d'intervalle de température envisagée dans son rapport avec les mesures mécaniques.* L'auteur montre que la notion d'intervalle de température est susceptible d'un énoncé mécanique dans lequel n'entre pas la notion conventionnelle de chaleur spécifique : 1 joule (0,238 cal.) est la quantité d'énergie calorifique qui correspond à une variation de température de 1° C. de la masse d'air de 1 gr. à pression constante à partir de 0°, et, puisque le degré centigrade est défini par un certain accroissement du volume de l'air à pression constante (0,00366 ou 1/273 du volume à 0°), « 1 joule (0,238 cal.) est la quantité d'énergie calorifique correspondant à une variation de volume de la masse d'air de 1 gr. de 1/273 de son volume à 0°, à la pression constante de l'atmosphère ». — M. **L. Bouthillon** : *Sur la charge des condensateurs au moyen d'une f. é. m. constante et leur décharge dans un circuit à étincelle.* Le circuit de charge comprend une source de f. é. m. constante, une résistance, une self-induction et un condensateur. Le circuit de décharge comporte un éclateur, soit du type fixe, caractérisé par une différence de potentiel d'éclatement constante, soit du type tournant, caractérisé par une durée de charge constante. Il se produit dans ces conditions une série ininterrompue de charges et de décharges successives du condensateur, donnant l'impression d'un son musical. L'auteur montre que, quel que soit le genre d'éclateur employé, les régimes musicaux sont des régimes stables et le système est autorégulateur. — M. **G.-A. Le Roy** : *Sur la mesure de l'imperméabilisation des draps et tissus militaires.* L'auteur décrit un appareil, qu'il nomme *imperméabilimètre*, pour la mesure, dans des conditions comparatives de pression, surface, durée, température, etc., de la non-perméabilité par l'eau des tissus, en particulier des draps employés dans les uniformes militaires. Suivant le degré d'imperméabilité, de l'eau pénètre plus ou moins rapidement, ou ne pénètre pas, à travers un disque de 12 cm. de tissu; si elle vient filtrer ou suinter à l'envers du tissu, elle humidifie assez un disque de papier placé au-dessous (et faisant partie d'un circuit électrique) pour que, devenu conducteur, il laisse passer un courant qui actionne un chronographe et une sonnerie avertisseuse. On détermine donc, en somme, le temps de non-pénétrabilité ou de pénétrabilité par l'eau pour une surface donnée du tissu examiné et sous une pression d'eau déterminée. — MM. **Em. Bourquelot, M. Bridel et A. Aubry** : *Recherches sur la glucosidification de la glycérine par la glucosidase β (émulsine).* La glycérine étant un alcool trivalent, sa glucosidification peut théoriquement donner naissance, avec un même glucose, à 5 glucosides différents : deux monoglucosides, deux diglucosides et un triglucoside. Des tentatives de glucosidification de la glycérine par la glucosidase β ont montré que le produit obtenu renferme au moins deux glucosides, différents par leur pouvoir rotatoire et leur résistance à l'action de l'émulsine. — M. **J. Clarens** : *Dosage de l'acidité urinaire.* L'auteur montre que la méthode généralement employée peut conduire à des résultats erronés et propose de la remplacer par la technique suivante : A un volume déterminé d'urine on ajoute un volume connu de liqueur N/10 d'HCl. On porte à l'ébullition pour chasser CO^2 et aussitôt on refroidit rapidement. On titre alors à la phtaléine à l'aide d'une liqueur N/10 de potasse ou de soude non carbonatée. Du nombre de cm³ lu sur la burette, on retranche le nombre de cm³ d'HCl employé : si le résultat est positif, la liqueur est acide; dans le cas contraire, elle est alcaline.

2° Sciences naturelles. — M. **H. Busquet** : *Mode d'action de l'or colloïdal.* L'or colloïdal, injecté à forte dose au chien ou au lapin, ne se retrouve en proportions notables ni dans le sérum, ni dans l'urine, ni dans les matières fécales; en outre, alors que l'or dissous est immédiatement toxique à la dose de 5 mgr. par kilog d'animal, l'or colloïdal n'exerce à cette dose aucune action nocive. Ces faits permettent de penser que l'or colloïdal ne se dissout pas ou se dissout très lentement dans le sang. On ne peut donc pas rapporter à une dissolution partielle du métal la réaction cardiotonique immédiate provoquée par l'or colloïdal chez le chien; d'ailleurs, de faibles doses d'or dissous ne produisent aucun effet cardiaque. L'or colloïdal agit donc sur le cœur en demeurant à l'état de particules non dissoutes. — M. **H. Stassano** : *De la stérilisation des cultures ou des émulsions microbiennes par la chaleur sous couche mince.* L'auteur montre que la stérilisation est infiniment plus rapide et plus régulière en faisant circuler le liquide à stériliser entre deux surfaces parallèles chauffées convenablement et séparées par l'intervalle le plus restreint qu'il soit possible de réaliser. Il décrit un appareil basé sur ce principe, qui permet : de déterminer avec beaucoup plus de précision que par les méthodes antérieures les limites de résistance à la chaleur des différentes espèces de microbes; de détruire les microbes sans altérer sensiblement le pouvoir antigène, immunisant; de stériliser ou de pasteuriser différents liquides organiques, le lait en particulier, sans trop les modifier. — M. **J. Deprat** : *Les modifications de la structure des Fusulinidés, du Dinantien à la fin du Permien.* L'auteur montre qu'un phénomène de convergence intéressant se produit pendant le Permien : tandis que les rameaux *Neofusulinella*, *Schwagerina*, *Doliolina*, *Neoschwagerina*, *Yabeina*, *Sumatrina* apparaissent successivement, les derniers montrant une tendance de plus en plus grande à la réunion des poutrelles en groupes soudés pour aboutir aux grosses poutrelles de *Sumatrina*, pendant ce temps les poutrelles de *Fusulina* se réduisent en nombre, augmentent de grosseur, de telle sorte que les Fusulines permiennes offrent de grosses poutrelles en massue tout à fait analogues à celles de *Sumatrina*. Il faut sans doute voir là un phénomène de convergence, amené probablement par des modifications des conditions biologiques provoquant chez tous les Fusulinidés des perfectionnements dans le renforcement de l'architecture de la coquille. — M. **Pereira de Souza** : *Sur les macrosismes de l'Algarve (sud du Portugal) de 1911 à 1914.* Tandis que les macrosismes de l'Algarve occidental se sont propagés surtout vers le Nord, ceux de l'Algarve oriental se sont étendus vers l'Est, dans la région du Guadalquivir. Les macrosismes qui se sont produits dans l'Algarve oriental, depuis l'année 1911 jusqu'à la fin de 1914, semblent être d'origine épirogénique, et le maximum d'intensité s'est manifesté le long de la ligne sismo-tectonique Albufeira-Estoy-Vila Real de Santo Antonio-Huelva, dont la direction se trouve jalonner le prolongement de la prétendue faille du Guadalquivir. — M. **B. Galitzine** : *Sur le tremblement de terre du 18 février 1911.* Le 18 février 1911 a eu lieu au Pamir un assez violent tremblement de terre; au même jour et à la même heure s'est produit dans cette région, à Sarez, un immense éboulement de montagne, qui combla en partie la vallée du fleuve Mourgab et la transforma en un lac. Quelle que soit la cause qui

a produit originellement cet éboulement, l'auteur montre, avec beaucoup de vraisemblance, qu'il ne fut pas la conséquence, mais la *cause* du sisme du 18 février. C'est un cas très intéressant et jusqu'à présent unique où l'on possède directement la valeur de l'énergie dégagée à l'épicentre, qui en outre se confond ici avec l'hypocentre même.

Séance du 28 Juin 1915

1° Sciences physiques. — MM. **L. Tschugaeff** et **N. Wladimiroff** : *Une série nouvelle de composés du platine tétravalent (pentaminochloroplatinique).* En faisant réagir AzH^3 liquide sur le chloroplatinate d'ammonium en l'absence d'eau, en tube scellé et à la température ordinaire, les auteurs ont obtenu un mélange de deux corps qu'on sépare par cristallisation : le premier est le chlorure de la base de Drechsel et Gerdes, $[Pt.\ 6\ AzH^3]\ Cl^4$, déjà connu, tandis que l'autre est un composé nouveau, le chlorure $[Pt.\ 5\ AzH^3\ Cl]\ Cl^3$, correspondant à la base complexe $[Pt.\ 5\ AzH^3\ Cl]\ (OH)^3$, où le radical entre parenthèses est trivalent; les auteurs en ont préparé d'autres sels : le nitrate, le carbonate, le sulfate.

2° Sciences naturelles. — MM. **G. Tizzoni** et **P. Perrucci** : *Détermination de la valeur immunisante et curative du sérum antitétanique.* Les auteurs ont reconnu que les sérums antitétaniques contiennent, à côté des anti-corps spécifiques, d'autres substances qui ont la propriété de se lier par contact à la toxine tétanique et de la neutraliser *in vitro*, tout en n'ayant, dans l'organisme animal, aucune efficacité ni contre la toxine tétanique ni contre la strychnine. Aussi ils proposent de se servir de l'antagonisne entre un sérum antitétanique donné et la dose mortelle de strychnine pour mesurer exactement la valeur immunisante et curative de ce même sérum contre l'infection tétanique consécutive à un traumatisme. Pour cela on prépare deux lapins de 1200 à 1500 gr. par une injection intraveineuse de 0, 5 et de 1 cm^3 de sérum à éprouver; au bout de 24 h., on leur injecte la dose mortelle de strychnine; si le premier survit, on pourra utiliser le sérum à la dose préventive de 5 cm^3 et à la dose curative de 25 cm^3; si le premier meurt et que le second survit, on pourra utiliser le sérum comme préventif à la dose de 10 cm^3, mais le rejeter comme curatif. Les sérums d'une puissance inférieure, qui ne protègent pas le lapin contre la strychnine à la dose de 3 cm^3 ou davantage, doivent être absolument rejetés. — MM. **F. Bordas** et **S. Bruère** : *Contribution à l'étude des phénomènes de la putréfaction.* Les auteurs ont reconnu qu'on active dans une très large mesure la désorganisation de la matière organique (cadavres) par l'apport de ferments extérieurs appropriés et que, si cette désorganisation est plus rapide sous l'action d'une chaleur même modérée (25°), la température moyenne de nos contrées (13°) suffit à ces ferments pour la parfaire en une quinzaine de jours. — M. **F. Camus** : *Sur les mousses trouvées dans le contenu de l'estomac d'un Mammouth.* L'auteur a examiné une portion du contenu stomacal du Mammouth découvert dans les îles Liakhov et offert au Muséum d'Histoire naturelle. Il y a trouvé des fragments de trois espèces de mousses : *Polytrichum sexangulare*, *Hypnum revolvens* et *H. stellatum*, qui font partie de la flore actuelle de la Sibérie. Ces mousses, qui ne sont presque pas nutritives, ont dû être absorbées en même temps que d'autres végétaux qui formaient la nourriture de l'animal.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 22 Juin 1915

M. **O. Josué** : *L'auscultation du pouls veineux.* L'auteur a fait connaître une technique nouvelle, l'auscultation du pouls veineux, qui fournit les mêmes renseignements que les tracés jugulaires et radiaux simultanés. Elle ne nécessite aucune instrumentation spéciale et peut être pratiquée au lit du malade dans toutes les circonstances. Par elle on arrive à diagnostiquer, sans avoir recours à la méthode graphique, les bradycardies totales et celles qui résultent de la dissociation auriculo-ventriculaire, l'arythmie complète par fibrillation auriculaire, les extra-systoles. — M. **H. Bourges** : *Formes actuelles de l'infection typhoïde d'après 500 observations recueillies à l'Hôpital maritime de Brest.* L'auteur a constaté que la forme commune de la fièvre typhoïde est loin de constituer à l'heure actuelle la forme la plus courante de cette affection. Lorsqu'elle se présente, elle s'écarte plus ou moins du type classique de la dothiénentérie dans son mode de début, sa symptomatologie, son évolution, son tracé thermique et aussi sa durée. Les formes atypiques accompagnées de réactions générale et abdominale plus ou moins marquées, selon les cas, avec courbe fébrile assez souvent irrégulière, dominent actuellement. Elles sont la plupart du temps légères et de gravité moyenne. On rencontre de plus en ce moment-ci un certain nombre de formes dont l'ensemble des signes cliniques et l'évolution donnent à l'affection une physionomie spéciale à allure de septicémie générale bien plutôt que de maladie à prédominance intestinale. Le genre pathogène en cause est le bacille d'Eberth dans la très grande majorité des cas (isolé ou en association avec le streptocoque, le staphylocoque, un microcoque, etc.) ou les différents paratyphiques, isolés ou associés.

Séance du 29 Juin 1915

M. **G. Ballet** présente un Rapport complémentaire *sur les mesures à prendre contre l'alcoolisme.* Il conclut à l'adoption des vœux suivants : 1° interdiction de la vente des eaux-de-vie titrant plus de 50 degrés; 2° interdiction de la fabrication, de la circulation et de la vente de toute liqueur titrant plus de 30 degrés d'alcool et de tout vin aromatisé titrant plus de 23 degrés, chaque catégorie de ces boissons ne devant pas renfermer plus d'un demi-gramme d'essence par litre; 3° interdiction de l'emploi, pour aromatiser les boissons spiritueuses, de plantes ou d'essences renfermant, parmi leurs constituants normaux, de la thuyone, de l'aldéhyde benzoïque, de l'aldéhyde ou des éthers salicyliques; 4° surtaxe élevée sur toutes les boissons, quelle qu'en soit la nature, dont le degré d'alcool dépasse 15. D'autre part, le rapporteur demande à l'Académie « d'exprimer l'espoir que les Pouvoirs publics prendront sans délai, en attendant les dispositions législatives destinées à réduire le nombre des débits, les mesures de surveillance et de police nécessaires pour fermer les très nombreux débits clandestins qui existent sur le territoire » et « d'appeler l'attention du Gouvernement sur les conditions dans lesquelles sont actuellement faites, sur le front, les distributions de boissons spiritueuses aux troupes et sur certains abus qu'il y aurait peut-être lieu de réprimer ». — M. **E. Vidal** : *La ration de vin du soldat français dans ses rapports avec l'alcoolisme.* L'auteur propose d'adjoindre à la ration quotidienne du soldat français une quantité de 75 centilitres de vin, ce qui, d'après lui, aurait pour effet de compléter l'insuffisance de cette ration, et d'autre part de diminuer le fléau de l'alcoolisme chez les soldats en augmentant la digestibilité de cette ration et en les détournant de l'usage des boissons alcooliques. — M. **A. Netter** : *Efficacité du sérum antiméningococcique dans l'épidémie actuelle de méningite cérébrospinale.* L'auteur montre que cette année la méningite cérébrospinale a été particulièrement fréquente à Paris (64 cas dans le premier semestre) et que sa gravité a été plus grande que dans les années antérieures. Les résultats fournis par la sérothérapie se sont traduits non seulement par l'abaissement de la mortalité nette (24, 4 %; rectifiée, 3 %), mais encore par l'atténuation de la maladie, la fréquence moindre des complications et des séquelles. L'efficacité du sérum est d'autant plus grande que le traitement intervient de meilleure heure; il vaut mieux s'adresser à un sérum polyvalent d'emblée. —

M. **H. Bourges** : *La fièvre typhoïde chez les sujets vaccinés.* L'auteur a reconnu que, dans la grande majorité des cas, la vaccination antityphique confère l'immunité. Chez un certain nombre de vaccinés, il peut se produire une insuffisance de l'immunisation; celle-ci se traduit, dans un espace de temps plus ou moins éloigné de la date de la vaccination, par l'apparition d'une infection typhoïde de nature le plus souvent légère, moyenne dans un certain nombre de cas, grave quelquefois et pouvant même se terminer par la mort. La symptomatologie et l'évolution de ces formes se montrent variables : elles se rapprochent, dans certains cas, de la forme commune de la fièvre typhoïde; elles s'en écartent d'une façon assez sensible à d'autres reprises. L'explication de ce fléchissement de l'immunisation (surmenage, nombre insuffisant des inoculations, virulence particulière du germe, tare organique, etc...?) est difficile à fixer exactement.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 12 Juin 1915

M. **E. Sacquépée** : *Le bacile de l'œdème gazeux malin.* L'auteur a signalé une modalité clinique de la gangrène gazeuse qu'il nomme œdème gazeux malin. L'agent spécifique de cette affection est un bacille anaérobie, sporulé, se colorant facilement par les couleurs d'aniline. Il se cultive bien en gélose Veillon, en bouillon glucosé ou en bouillon Martin. Il est virulent pour le cobaye, chez lequel il reproduit l'œdème gazeux malin. — M. **Ed. Retterer** : *Structure des disques placentaires du macaque rhésus.* La portion fœtale du placenta est due à la végétation du chorion fœtal, et sa portion maternelle à l'hypertrophie du derme de la muqueuse utérine. Le caractère commun de ces deux tissus d'origine différente, c'est l'évolution régressive très étendue qu'ils subissent et qui aboutit à l'ouverture des vaisseaux maternels et à la formation interchoriale ou intervilleuse des espaces, lacunes ou lacs sangui-maternels. — M. **A. Marie** : *Action de l'adrénaline sur les toxines végétales.* L'auteur a constaté que les toxines végétales (abrine, ricine) sont neutralisées par l'alcaloïde des surrénales, à un degré bien moindre toutefois que les toxines microbiennes solubles. — MM. **H. Violle** et **Crendiropoulo** : *Note sur le choléra expérimental.* 1° En injectant chez le lapin du vibrion cholérique dans une anse intestinale grêle, libre, on ne provoque jamais de lésions cholériques. 2° Si l'anse est comprise entre deux ligatures rapprochées, on détermine en ce lieu et toujours un choléra intestinal typique. — M. **J. Nageotte** : *Le processus de la cicatrisation des nerfs.* III. Tous les neurites que l'on voit dans les cicatrices nerveuses récentes, en employant les techniques de l'auteur, sont contenus dans des gaines qui dérivent des gaines de Schwann. En outre, il existe, à partir du bout inférieur du nerf coupé, une croissance de gaines vides. En troisième lieu, parmi les travées névrogliques qui croissent à partir du bout supérieur, il en est qui, au septième jour, ne sont pas encore envahies par des neurites. De ces faits, l'auteur conclut que la croissance de la névroglie est *primitive* et son envahissement par les neurites *secondaire*.

Séance du 26 Juin 1915

M. **J. Ville** : *Procédé rapide pour déceler l'urobiline dans les urines en présence d'autres pigments, notamment des pigments biliaires.* Dans une éprouvette graduée de 25 cm³, on introduit environ 10 cm³ d'urine, on y ajoute 2 à 3 cm³ d'une solution de chlorure de baryum à 1/10 pour précipiter les pigments biliaires, on agite et on porte le volume à 20 cm³ environ avec du réactif d'Oliveiro; on agite de nouveau et on filtre. On obtient ainsi, si l'urine renferme de l'urobiline, un filtrat présentant une belle fluorescence verte et donnant au spectroscope la bande d'absorption caractéristique. — MM. **S. Costa** et **J. Troisier** : *Syndrome mortel d'œdème gazeux dans une blessure de guerre, provoqué par le bacille neigeux.* Le bacille neigeux, hôte normal des voies urinaires, est à ajouter aux germes déjà signalés comme agents des complications gazo-œdémateuses des blessures de guerre. *Action hémolytique de certaines bactéries anaérobies des blessures de guerre.* Les auteurs ont constaté que les bacilles isolés dans divers syndromes gangréno ou gazo-œdémateux manifestent une action hémolytique d'intensité variable, parfois si rapide qu'elle en est instantanée; ce fait est en relation avec la grande quantité d'urobiline trouvée dans le sang des blessés. — M. **H. Piéron** : *Quelle est la nature de la sensibilité vibratoire?* L'auteur conclut que, si l'excitant vibratoire est précieux en clinique pour rechercher l'état de sensibilité du périoste, ce n'est pas parce que la membrane sensible possède des terminaisons spécifiques pour cet excitant, mais parce que l'extrême prédominance de la transmission solidienne des vibrations entraîne une excitation osseuse tout à fait élective, avec phénomènes de sommation, à la différence de l'excitation électrique, qui diffuse le long des voies liquides et des tissus colloïdaux. Dans sa nature, l'excitant vibratoire est un excitant banal de toutes les terminaisons nerveuses, comme l'excitant électrique. M. **Ed. Retterer** : *Pigmentogenèse dans les tissus d'un fœtus de Macacus rhesus.* Les cellules épithéliales (poil, épiderme) des bourses, du cuir chevelu, des joues contiennent des grains pigmentaires identiques à ceux du placenta; les cellules conjonctives du derme en sont encore dépourvues. Dans les téguments, l'origine de ce pigment ne peut donc être qu'autochtone. Or il s'est développé pendant la vie intra-utérine, en dehors de toute influence de la lumière. La pigmentogenèse épithéliale est donc, chez les singes comme chez beaucoup de Mammifères, héréditaire. — M. **D. Routier** : *Action des nerfs accélérateurs sur le cœur du chien bloqué partiellement ou totalement.* 1° Quand le faisceau de His est complètement détruit et que le blocage du cœur est complet et définitif, l'excitation électrique des accélérateurs ne détermine pas de retour au rythme normal, de déblocage, mais accélère chacune pour son compte les cavités auriculaires et ventriculaires. 2° Quand le faisceau de His n'est que partiellement lésé, ce qui n'amène qu'un blocage complet ou partiel non définitif, l'excitation électrique des accélérateurs détermine le déblocage complet, temporaire, suivi d'un reblocage spontané, partiel, léger. *Action de l'adrénaline sur le cœur bloqué du chien.* L'adrénaline produit sur le cœur bloqué un déblocage tardif : c'est un effet secondaire. Il ne paraît pas correspondre tout à fait à celui que provoque l'excitation électrique des accélérateurs, car, dans ce dernier cas, lorsque le déblocage se produit, c'est au moment même de l'accélération.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 18 Juin 1915

M. **A. Leduc** : *Sur le rapport γ des chaleurs spécifiques des gaz et des vapeurs.* I. L'auteur rappelle d'abord qu'il représente l'état des gaz réels par la formule $Mpv = RT\varphi$, dans laquelle φ (volume moléculaire relatif par rapport au gaz parfait fictif) est une fonction de la température et de la pression *réduites* qu'il peut calculer à quelques dix millièmes près à toute température, tant que la pression réduite ne dépasse pas 0,05 ou 0,06. On en déduit, entre autres données importantes :

$$p\mu = -\frac{p}{v}\frac{\delta v}{\delta p} = \frac{1+\omega}{\varphi}, \qquad \frac{\delta v}{\delta T} = \frac{R}{Mp}(1+\varepsilon_1),$$

$$\frac{\delta p}{\delta T} = \frac{p}{T}(1+\varepsilon_2),$$

ω, ε_1 et ε_2 étant des termes correctifs faciles à calculer avec une précision surabondante. — II. Puis il fait quelques remarques sur la détermination du γ des gaz au moyen de détente ou de compression adiabatique :

1° *Méthode utilisant l'expérience de Clément et Desormes.* M. Leduc montre qu'il convient d'opérer avec des détentes de l'ordre du décimètre de mercure et non avec des détentes très faibles, comme on l'enseigne généralement[1]. On a :

$$\gamma = \frac{\log p_0 - \log p}{\log p_0 - \log p' - \lambda(\log p' - \log p)},$$

les pressions étant : p_0 initiale, p après détente et p' après retour à la température initiale, et λ un facteur très petit facile à calculer. Si l'on néglige λ, l'erreur qui en résulte, par exemple pour CO^2 pris à 0° et passant de 86cm à 76cm, est $\frac{\delta\gamma}{\gamma} = -2{,}6.10^{-4}$. Comme il n'est pas d'exemple d'un γ dont on puisse garantir la troisième décimale, on voit que, contrairement à ce qu'on enseigne, *il n'y a aucun inconvénient à appliquer ici les formules des gaz parfaits* (ω, ε_1, ε_2 nuls et $\varphi = 1$). 2° *Application simple de la formule de Laplace.* Ecrivant l'équation de la détente adiabatique élémentaire :

$$\gamma dv - \frac{\partial v}{\partial p} dp = 0,$$

et remplaçant $\frac{\partial v}{\partial p}$ par sa valeur indiquée plus haut, on a :

$$\gamma \frac{\varphi}{1+\omega} \frac{dv}{v} + \frac{dp}{p} = 0,$$

d'où, si l'on pose $\gamma' = \gamma \frac{\varphi}{1+\omega}$, et si la détente est assez peu étendue pour que γ, φ, ω puissent être constants (variation de pression de l'ordre du décimètre de mercure) :

$$pv^{\gamma'} = \text{const.}$$

La détermination de γ' (coefficient de détente de Cazin) fait donc connaître γ avec la même précision que γ' lui-même. C'est ce coefficient qui se trouve déterminé immédiatement par les expériences de M. Maneuvrier. M. Leduc rappelle qu'il a imaginé, il y a deux ans, une méthode très simple reposant sur le même principe qui permet de déterminer γ' au moyen de pesées (deuxième décimale seulement). — III. *Valeurs de γ obtenues par l'intermédiaire de la vitesse du son.* 1. La méthode de Kundt a fourni un petit nombre de résultats dont la troisième décimale semble exacte ou à peu près (gaz purs à une température bien définie; exemple : Az à 0°, $\gamma = 1{,}404$). Encore faut-il tenir compte de la loi de compressibilité exacte du gaz, ce qui conduit par exemple à 1,319 ou 1,320 pour CO^2 à 0° et 76cm d'après Wüllner, au lieu de 1,31131 calculé par l'auteur en appliquant la loi de Mariotte. Les γ des vapeurs sont, au contraire, fort mal déterminés, si l'on excepte celui de la vapeur d'eau saturante dont l'erreur ne dépasse sans doute pas $\frac{1}{200}$ (à 100°, γ calculé par M. Leduc d'après les expériences de Neyreneuf = 1,365; la méthode des cycles donne 1,373). 2. M. Leduc calcule réciproquement les vitesses du son et les compare aux vitesses expérimentales. On a :

Vapeur d'eau saturante à 100° : V = 481 m : s au lieu de 479,5, d'après Neyreneuf;

Vapeur d'eau saturante à 96° : V = 474,8 m : s au lieu de 475,7 environ, d'après Jæger;

Vapeur saturante d'éther à 35° : V = 184,3 m : s au lieu de 195m environ d'après Neyreneuf et 180m d'après Gérosa et Mai.

Il montre en passant que l'influence de la température sur la vitesse du son dans les vapeurs saturantes est beaucoup plus faible que dans le cas des gaz, tandis qu'au contraire l'influence de la pression est très grande au voisinage de la saturation (vapeur d'éther à 35° et 22cm : V = 190 m : s). — IV. En terminant, M. Leduc rappelle sa *méthode des cycles*, qu'il décrit dans le cas d'une vapeur saturante dont la détente adiabatique s'effectue avec condensation (voir *Ann. de Ch. et de Ph.*, 8e série, t. XXVIII, p. 577) et fait remarquer la concordance des valeurs de C qu'il a calculées pour la vapeur d'eau dans des conditions variées avec les meilleures valeurs expérimentales. Toute la difficulté réside dans la détermination de la pression maxima des vapeurs; les valeurs actuellement connues de $\frac{1}{F}\frac{dF}{dT}$ ne comportent pas, en général, la précision nécessaire.

1. L'erreur maxima provenant des mesures de pressions a pour valeur

$$(\gamma - 1)\frac{\delta h}{h} \quad \text{si} \quad p_0 = p + h, \quad p' = p + h'$$

et si l'on admet que

$$\delta h = \pm \delta h' = \pm \delta p.$$

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 13 Mai 1915

Sciences physiques. — M. **J. H. Brinkworth** : *Mesure de la chaleur spécifique de la vapeur à la pression atmosphérique et à 104°,5 C.* La mesure de la chaleur spécifique de la vapeur au voisinage immédiat de 100° C. présente des difficultés spéciales par suite de la présence possible d'eau en suspension quand la surchauffe est faible. La plupart des déterminations, comme celles de Regnault (125° à 225° C.) et d'Holborn et Henning (111° à 270° C.), ont été faites sur de la vapeur fortement surchauffée et jettent peu de lumière sur la valeur près de 100°. Celles de Knoblauch et Jacob et de Knoblauch et H. Mollier, extrapolées vers la saturation, paraissent indiquer un accroissement très rapide de la chaleur spécifique près du point de saturation. Dans la préface de ce travail, M. Callendar discute la théorie de la variation de la chaleur spécifique avec la pression, en se basant sur quelques expériences exécutées par la méthode Joule-Thomson; il montre que la seule présence d'un demi-millionième de molécule-gramme de sel par gramme de vapeur suffit à accroître la chaleur spécifique apparente de 10 % à 103° C. et que les mesures antérieures près de la saturation ont probablement été légèrement affectées par cette source d'erreurs. Des précautions spéciales ont été prises par M. Brinkworth dans ses expériences pour obtenir de la vapeur sèche pure. En employant un manchon de silice argenté, maintenu à un degré de vide élevé, la perte extérieure de chaleur a été réduite au dixième de celle des expériences antérieures; elle n'est plus que de 2 à 3 millièmes de l'énergie électrique fournie. Le résultat final est : S = 2030 joules par gr. et par degré C. à 760 mm. et à 104°,5 C., ce qui est équivalent à 0,485 calorie moyenne dans les mêmes conditions et concorde bien avec le résultat de Regnault à 175°. — MM. **C. F. Jenkin** et **R. Pye** : *Les propriétés thermiques de l'acide carbonique aux basses températures.* II. Les auteurs donnent la description : 1° d'une série de mesures de la chaleur totale de CO^2 gazeux, d'où ils déduisent les chaleurs spécifiques; 2° de quelques mesures refaites de la chaleur totale de CO^2 liquide; 3° d'une série d'expériences d'étranglement sur CO^2 gazeux. Au moyen de la première série, ils étendent le diagramme $\theta\Phi$ sur l'aire surchauffée; l'exactitude en est contrôlée au moyen des expériences d'étranglement. Puis ils construisent un diagramme $I\Phi$, en se servant d'une série de théorèmes reliant la chaleur totale I avec les autres variables p, v, θ et Φ. Ce dernier diagramme, qui étend et corrige celui de Mollier, pourra être d'une grande valeur technique pour les industries de la réfrigération.

Séance du 20 Mai 1915

Sciences physiques. — M. **H. Richardson** : *L'absorption par le plomb des rayons γ émis par le radium B et le radium C.* L'auteur a déterminé les courbes d'absorption par le plomb des radiations émises par des préparations de radium B et de radium C sensiblement pures. En plus de la radiation pénétrante pour laquelle $\mu = 0{,}5$ (cm^{-1}) dans le plomb, il a trouvé que le radium C émet

des radiations douces pour lesquelles $\mu = 46$, $\mu = 6$ et $\mu = 1,5$ cm. de plomb. L'analyse de la courbe d'absorption du radium B montre qu'outre la radiation pour laquelle $\mu = 40$ dans l'aluminium, les rayons émis consistent en trois types pour lesquels $\mu = 46$, $\mu = 6$ et $\mu = 1,5$ dans le plomb. Il y a donc une similitude complète entre cette dernière radiation et celle de la portion douce émise par le radium C. L'étude de l'absorption des radiations par différents éléments ne montre pas d'indications d'une dispersion anomale pour les radiations pénétrantes. — M. **T. R. Merton** : *Application des méthodes d'interférence à l'étude de l'origine de certaines lignes spectrales.* En mesurant les ordres limites auxquels on peut déceler l'interférence pour différentes radiations, on peut en tirer certaines déductions quant à la masse des particules lumineuses et à la température de la source. Si la seule circonstance qui peut influer sur la largeur des lignes spectrales aux basses pressions est l'effet Doppler dû au mouvement des particules lumineuses dans la ligne de vision, on peut calculer les masses relatives des particules émettant des radiations d'une même source de lumière. Mais, comme il y a des raisons de douter de la valeur de cette hypothèse, les conclusions qui peuvent être tirées avec certitude de mesures de cette nature sont une limite inférieure pour la masse des particules lumineuses si la température de la source est connue, ou une limite supérieure de la température si on donne une valeur à la masse des particules lumineuses. L'auteur montre que les lignes des flammes de Ca, Sr et Ba sont probablement dues à des molécules, tandis que les lignes H et K du Ca sont attribuables à des atomes. Comme les lignes de flammes sont des membres de séries, on doit reconnaître que les radiations des molécules peuvent donner lieu à des séries de lignes aussi bien qu'à des spectres de bandes. La largeur des lignes du spectre rouge de l'argon semble devoir être expliquée par l'effet Doppler ; les lignes du spectre bleu sont très larges par rapport à celles du spectre rouge, et on n'a pu trouver d'explication satisfaisante de ce fait. Les lignes spectrales du type « arc » s'élargissent quand on emploie des décharges de condensateur comme méthode d'excitation, mais la différence de largeur des lignes des spectres bleu et rouge de l'argon est d'un autre ordre de grandeur. Le spectre de bandes associé à l'hélium s'élargit quand le gaz est refroidi à la température de l'air liquide, ce qui peut justifier l'hypothèse que plus d'un atome participe à sa production, mais une comparaison de la largeur des lignes dans le spectre de bandes avec les lignes ordinaires de l'hélium montre qu'il est très probable que le spectre de bandes est dû à l'hélium atomique.

Séance du 3 Juin 1915

1° Sciences physiques. — M. **C. H. Lees** : *Sur la forme des surfaces équipotentielles dans l'air près des bâtiments ou des murs longs, et leur effet sur la mesure des gradients de potentiel atmosphérique.* L'auteur a déterminé la forme des surfaces équipotentielles et dessiné les lignes équipotentielles dans les trois cas suivants : 1° paroi verticale mince ; 2° mur de soutien séparant un plan horizontal inférieur d'un supérieur ; 3° séries de parois verticales parallèles équidistantes. Il conclut que, là où l'on ne possède pas de surfaces horizontales d'étendue considérable pour la détermination du gradient de potentiel vertical normal dans l'atmosphère, on peut utiliser les observations au voisinage des bâtiments, la valeur du facteur de réduction étant calculée d'après les formes de bâtiments en se servant des résultats qu'il a obtenus. Dans beaucoup de cas, on peut faire des observations du gradient de potentiel horizontal à l'extérieur des parois des bâtiments qui ne sont pas trop rapprochés, et si la position du point d'observation est bien choisie, le gradient horizontal observé sera identique avec le gradient vertical normal sur une surface horizontale. Pour un mur allongé de bâtiment à toit plat ou à parapet, le gradient horizontal vers l'extérieur doit être mesuré en un point situé près du milieu de la longueur du mur et à une distance verticale qui est généralement environ les trois quarts de sa hauteur. Le gradient horizontal pour une distance extérieure n'excédant pas le 1/10e de la hauteur du mur ne diffère pas de plus de 2 % du gradient vertical normal sur une large surface horizontale. — M. **J. W. Nicholson** : *Le spectre de bandes associé à l'hélium.* Les résultats de l'auteur confirment la conclusion de Fowler que les têtes des bandes du spectre de bandes de Goldstein et Cartis suivent les lois ordinaires des séries de lignes, en montrant que les séparations des doublets tendent vers zéro aux limites de la série. Les deux séries de doublets isolées par Fowler sont strictement analogues à la série principale dans le spectre de lignes. La formule généralisée de Rydberg donne la représentation la plus convenable de ces séries aussi bien que des séries de lignes.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 11 Juin 1915

MM. **E. A.** et **E. Griffiths** : *Le coefficient de dilatation du sodium.* La dilatation thermique et l'augmentation de volume du sodium fondu ont été déterminées par une méthode basée sur le principe suivant : on mesure la différence de dilatation d'un volume de sodium et d'un égal volume de verre (ou de quartz) par pesée différentielle sous l'huile à diverses températures. Un volume d'environ 250 cm³ de sodium est suspendu à l'un des bras d'une balance à court fléau et un ballon en verre pesé d'égal déplacement à l'autre bras. Les expériences montrent que le sodium se dilate presque uniformément avec la température jusqu'à son point de fusion. Le coefficient de dilatation est de 0,000226. Dans le passage de l'état solide à l'état liquide, il y a une augmentation de volume de 2,57 %.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section de New-York

Séance du 23 Avril 1915

M. **M. Toch** : *Les véhicules des peintures considérés comme agents protecteurs contre la corrosion.* L'auteur a fait pendant deux ans des essais de peinture sur 52 plaques d'acier soigneusement nettoyées et recouvertes chacune d'un véhicule protecteur différent, puis abandonnées ensuite à l'air dans les mêmes conditions. Les résultats obtenus permettent de répartir les substances employées en cinq classes : 1° celles qui ont peu ou pas de valeur pour empêcher la corrosion (vernis à base d'huiles végétales brutes ou raffinées, siccatives ou semi-siccatives, solutions de celluloïd et de pyroxyline, huiles de paraffine liquides à la température ordinaire) ; 2° véhicules conférant un faible degré de protection (vernis à l'huile de bois contenant un peu de rosine, vernis à l'huile de bois et au copal, vernis à l'huile de lin épaissie et oxydée par insufflation) ; 3° vernis protégeant bien l'acier quand les conditions atmosphériques ne sont pas trop rudes et les changements de température ni trop rapides ni trop prononcés ; 4° substances conférant une grande protection contre la rouille (huiles de paraffine semi-solides et solides) ; 5° substances conférant un haut degré de protection contre la corrosion (vernis spar, vernis à l'huile de lin ou à l'huile de bois de Chine épaissie par chauffage, huile bouillie dans une chaudière ouverte).

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N°s 15-16 15-30 AOUT 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Mécanique

Le mouvement d'un fluide sans frottement. — Un des théorèmes principaux de l'Hydrodynamique traditionnelle est sans contredit celui de Helmholtz, d'après lequel un mouvement tourbillonnaire dans un liquide incompressible sans frottement ne peut jamais naître ni disparaître. Or les coefficients de frottement de la plupart des liquides sont très faibles; cependant, on y observe chaque jour la naissance de mouvements tourbillonnaires. On se trouve donc en face de cette alternative : ou bien le mouvement d'un liquide à frottement, même pour de très petits coefficients de frottement, s'écarte totalement de celui d'un liquide sans frottement (et alors la théorie d'un liquide sans frottement n'a plus aucun intérêt physique), ou bien le théorème de Helmholtz est erroné. Laquelle de ces deux explications est la vraie?

Un autre théorème fondamental de l'Hydrodynamique classique, démontré d'abord par Green et Dirichlet, énonce qu'un corps qui se meut avec une vitesse constante dans un liquide sans frottement n'éprouve aucune résistance. Ce théorème aussi semble en contradiction marquée avec la conduite des liquides réels à faible frottement. Quelle en est la raison?

M. C. W. Oseen, professeur à l'Université d'Upsal, par des recherches hydrodynamiques poursuivies depuis 1906, estime qu'on peut répondre aujourd'hui à ces deux questions[1]. Il part de cette idée que, pour élucider le mouvement d'un liquide sans frottement, on peut étudier d'abord celui d'un liquide à frottement, puis passer à la fin à la limite lorsque le frottement s'évanouit. Des développements mathématiques longs et compliqués que nécessite l'exécution de ce programme, l'auteur déduit enfin les simples résultats suivants :

La réponse à la première question est : le théorème d'Helmholtz est inexact. Au voisinage d'un corps existe, dans des circonstances données, même lorsque le frottement s'évanouit, un mouvement tourbillonnaire.

La réponse à la deuxième question est : la cause de la contradiction entre la théorie et l'expérience est l'hypothèse inexacte qu'un liquide sans frottement se comporte de la même façon sur toute la surface d'un corps qui s'y déplace. Dans le cas le plus simple, où un corps se meut dans une direction déterminée dans un liquide à frottement, le liquide glisse à l'avant, tandis qu'il adhère à l'arrière du corps. Une particule de liquide qui se trouve près de l'arrière a donc la même vitesse que celui-ci; mais elle n'a pas la même accélération. Sur ce fait repose le mouvement tourbillonnaire qui se produit à l'arrière d'un corps. Au reste, ce mouvement tourbillonnaire n'est pas également réparti sur le côté postérieur; il est le plus fort (théoriquement d'une intensité infinie) à la limite entre le côté postérieur et le côté antérieur.

Comment prennent naissance les gros tourbillons, bien formés, que l'on observe si souvent dans le mouvement d'un corps dans un liquide? Lorsqu'on met un corps en mouvement, un mouvement tourbillonnaire, particulièrement fort sur le bord, commence à l'arrière. D'autre part, le liquide adhère au corps et ne peut s'écouler que lentement. Par suite, l'intensité tourbillonnaire croît de plus en plus. Mais ce phénomène ne peut continuer indéfiniment. Quand le mouvement tourbillonnaire est devenu assez fort sur le bord, on ne peut plus considérer le liquide comme « en repos ». Le côté postérieur géométrique du corps perd donc, au moins en partie, le caractère d'une surface hydrodynamique. A ce moment, le liquide commence à glisser; la région tourbillonnaire se détache du corps et elle est emportée par le liquide.

Plusieurs importants problèmes de l'Hydrodynamique attendent encore leur solution; mais M. Oseen estime que les résultats déjà obtenus suffisent pour écarter la contradiction tranchante entre la théorie et les faits.

§ 2. — Art de l'Ingénieur

La lubrification par le graphite colloïdal. — Depuis quelques années, un nouveau produit s'est introduit dans la pratique de la lubrification : c'est le

1. *Annalen der Physik*, 1915, n° 8.

« graphite colloïdal », qui, additionné en petite quantité aux lubrifiants ordinaires, réduit, d'après son inventeur, le frottement de plus de 20 o/o.

On sait que E. G. Acheson, poursuivant des expériences sur le carborundum au four électrique, nota que cette substance, portée à une température bien supérieure à celle de sa formation, se décompose : le silicium se vaporise, tandis que le charbon reste à l'état de graphite très pur. On fabrique aujourd'hui des milliers de tonnes de graphite artificiel à 99,9 o/o par ce procédé aux Etats-Unis.

Si l'on soumet ce graphite à un procédé de désintégration[1] et qu'on le passe au travers d'un tamis ayant 40.000 trous par pouce carré, on obtient une poudre beaucoup plus fine que la farine la plus légère, mais non encore utilisable à la lubrification. Pour le subdiviser encore davantage, ce graphite désintégré est soumis à un traitement appelé « défloculation ». Il consiste dans un mastication avec une solution aqueuse de tannin; le tannin pénètre dans les particules individuelles de graphite et les fait pour ainsi dire exploser en les réduisant en fragments un millier de fois plus petits que les particules originales.

Le graphite amené à cet état de finesse et mélangé avec de l'huile dans la proportion d'environ 0,35 o/o constitue un lubrifiant remarquable, auquel on a donné le nom d'*oildag*.

Introduit dans un palier, les particules de graphite, infinitésimales, pénètrent dans les pores du métal; elles s'accumulent jusqu'à ce que les surfaces en contact soient complètement amalgamées avec un mince placage qui a été appelé surface graphoïde. Cette pellicule, à l'inverse de celle d'huile, n'a pas de frottement intrinsèque et possède une structure excessivement stable; elle résiste à des pressions beaucoup plus élevées que n'importe quelle forme d'hydrocarbure, quelle que soit sa viscosité.

La surface graphoïde non seulement réduit beaucoup le frottement, mais élimine pratiquement l'usure. La consommation d'huile est diminuée, en outre, d'une façon appréciable, et si l'arrivée d'huile tarit ou se trouve empêchée accidentellement, la surface graphoïde originale sert de lubrifiant pendant des heures, en empêchant l'échauffement des coussinets.

M. C. H. Benjamin, doyen de l'Université Purdue, a fait des expériences très démonstratives sur un palier supportant une pression de 125 livres par pouce carré et tournant à raison de 445 tours par minute. On employait la même huile en quantités égales dans deux séries d'essais, toutes les conditions étant les mêmes, excepté qu'on ajoutait à l'huile du graphite colloïdal dans la seconde série. On a constaté un coefficient de frottement inférieur après l'addition de graphite. Après 2 heures de lubrification avec l'huile, on a interrompu l'arrivée de celle-ci en continuant à faire tourner le palier; 10 minutes après l'arrêt de l'huile, on notait une augmentation considérable du frottement, qui forçait à interrompre l'expérience. En ajoutant du graphite colloïdal à la même huile pendant 2 heures avant l'interruption de l'écoulement, l'essai a pu être continué pendant 1 h. 20 avec une lubrification à peu près parfaite, ce qui montre bien que le graphite seul assure la lubrification quand l'huile fait défaut. D'autres essais de M. Ch. F. Mabery sont encore plus concluants à cet égard.

Le graphite colloïdal est particulièrement avantageux dans la lubrification des moteurs à gaz, car il ne produit pas de dépôts de charbon dans les cylindres, comme l'huile ordinaire.

Le graphite colloïdal doit être employé avec des huiles parfaitement neutres; les huiles acides ou alcalines le précipitent et annulent son action.

1. *Chemical Engineer*, t. XXIX, n° 3.

§ 3. — Physique

La nature des particules magnétiques ultimes. — On attribue généralement les propriétés magnétiques des corps à l'action d'aimants élémentaires extrêmement petits. Mais sur la nature de ces éléments les hypothèses ont évolué.

On sait que Weber, le promoteur de la théorie, supposait que les molécules des substances sont des doublets magnétiques dont les axes sont distribués au hasard dans les molécules non magnétiques et qui s'orientent sous l'action d'un champ extérieur de façon à donner à la substance un moment magnétique résultant. Bien des modifications ont été apportées à cette forme primitive de la théorie, d'Ampère à P. Weiss et Langevin. Pour Langevin, les électrons, décrivant leurs orbites auteur du noyau atomique, produisent un champ magnétique et constituent les particules magnétiques ultimes. La récente théorie de Weiss suppose que la particule magnétique ultime est une unité naturelle appelée magnéton.

Afin d'obtenir des renseignements sur la nature de ces particules magnétiques, MM. Compton et Trousdale[1] ont eu l'idée d'utiliser la méthode récemment proposée pour déterminer, par la radiographie, la position des atomes dans un cristal. Si l'on fait passer un faisceau de rayons X à travers un cristal, on obtient sur une plaque sensible des images de diffraction dont la position est déterminée par l'arrangement des atomes à l'intérieur du cristal. Il suffira de comparer les radiographies obtenues sur certains cristaux ferromagnétiques — magnétite, hématite, pyrrhotine — non aimantés à celles qu'on obtient lorsque ces cristaux sont situés dans un champ magnétique intense, pour déterminer si les atomes subissent un déplacement du fait de l'aimantation.

Les auteurs ont obtenu une série de photographies avec un cristal de magnétite, aimanté (*a*), non aimanté (*b*), aimanté en sens inverse (*c*), non aimanté (*d*). Aucune différence n'est perceptible dans l'intensité ni dans la disposition des images de diffraction.

On peut conclure de là, pensent MM. Compton et Trousdale, que les particules magnétiques ultimes doivent être des atomes ou des fragments d'atomes, ce qui s'accorde avec la théorie électronique. Ces particules ne peuvent être ni la molécule, ni tout autre groupement d'atomes, puisque la rotation d'un tel système impliquerait un mouvement de translation des atomes que les recherches précédentes ne paraissent pas révéler.

§ 4. — Chimie physique

Poids atomique des émanations radioactives. — On sait que les émanations se comportent comme des gaz radioactifs constituant des éléments chimiques particuliers, caractérisés par un spectre distinct.

Pour évaluer la densité gazeuse et en déduire le poids atomique, on a tout d'abord utilisé la diffusion de l'émanation dans un gaz ordinaire, ou le passage de l'émanation contenue à l'état de trace dans un gaz étranger à travers les corps poreux

Ces différentes méthodes donnent pour poids atomique de l'émanation du radium un nombre voisin de 100, qui ne s'accorde guère avec les hypothèses faites sur les transformations de la série du radium : le radium, dont le poids atomique, déterminé avec précision par Mme Curie, est 226,4, émet une particule α et se transforme en émanation. Comme la particule α est un atome d'hélium, on peut représenter la transformation par l'équation :

$$Ra = Em + He;$$

le poids atomique de l'hélium étant voisin de 4, on voit que celui de l'émanation doit être égal à 222,4.

1. *Phys. Review*, 2e série, t. V, p. 315; avril 1915.

Il importait donc de déterminer le poids atomique de l'émanation par un procédé plus exact. C'est ce qu'a fait M. Debierne[1] en utilisant, en principe, la méthode de Bunsen, dans laquelle on compare les vitesses d'écoulement des gaz à travers un petit trou percé dans une paroi mince; la vitesse d'écoulement est inversement proportionnelle à la racine carrée de la densité du gaz.

Dans le dispositif ordinairement employé, on fait écouler les différents gaz à comparer sous des pressions variables, et toujours assez fortes, entre les mêmes limites, à travers un trou percé dans une paroi mince, l'écoulement se produisant dans les mêmes conditions de pression. La durée totale de l'écoulement est proportionnelle à la racine carrée de la densité du gaz.

Il n'était pas possible d'utiliser ce mode opératoire pour comparer l'écoulement de l'émanation avec celui d'un gaz de densité connue. D'une part, si l'on veut employer l'émanation à l'état absolument pur, on ajoute de très grandes difficultés aux expériences qui ne peuvent être répétées souvent; d'autre part, il n'est pas possible d'opérer sous une pression très forte, car l'émanation occupe alors un volume extrêmement réduit et, quelle que soit la petitesse du trou que l'on peut réaliser, la durée de l'écoulement est trop petite pour pouvoir être mesurée avec exactitude.

M. Debierne a cherché à réaliser des conditions dans lesquelles l'écoulement de l'émanation se produit toujours suivant la même loi, même lorsqu'elle n'est pas absolument pure. Cela est très important, car, non seulement il est très difficile de préparer l'émanation à l'état pur, mais encore, par suite de la production de l'hélium, sa pureté ne se conserve pas. On ne pouvait pas davantage produire l'écoulement du gaz auquel on devait comparer celui de l'émanation, entre les limites de pression et de volume qui avaient été réalisées pour celle-ci, car cette pression eut été difficile à évaluer. Il fallait donc que la loi d'écoulement des deux gaz à comparer soit assez simple pour qu'on puisse facilement déduire des mesures les paramètres intervenant dans les deux séries d'expériences et les comparer entre eux.

Ces différentes conditions sont réalisées lorsque la pression totale du gaz qui s'écoule est extrêmement petite.

Si l'on porte en abscisses les temps et en ordonnées les logarithmes des pressions (ou des concentrations), les points obtenus se répartissent sur une droite dont le coefficient angulaire est inversement proportionnel à la racine carrée de la densité[2]. La comparaison des vitesses d'écoulement de l'émanation et de l'oxygène conduit, pour le poids atomique de l'émanation, au nombre de 221, avec un écart possible d'environ 2 %.

Depuis la publication de ces résultats, MM. Ramsay et Gray ont pu déterminer la densité de l'émanation par pesée d'un volume déterminé, à l'aide d'une balance spéciale dont le principe est dû à M. Steele. Ces expériences, très délicates, car elles comportent la pesée avec exactitude de quantités de gaz de l'ordre de $\frac{1}{1.000}$ de milligramme, ont fourni un résultat tout à fait d'accord avec celui de M. Debierne.

M. Debierne avait pensé utiliser la même méthode pour déterminer la valeur du poids atomique des autres émanations. En réalité, les émanations du thorium et de l'actinium se détruisent si rapidement (décroissance de moitié en moins d'une minute pour l'émanation du thorium, et de moitié en 4 secondes environ pour l'émanation de l'actinium) qu'il n'est pas possible de les séparer et de les conserver un temps suffisant pour les introduire dans un appareil à écoulement et déterminer la durée du passage à travers un petit orifice. Aussi la méthode a-t-elle dû être modifiée. Par ce nouveau procédé, Miss Leslie a été conduit à attribuer à l'émanation du thorium un nombre voisin de 200, en supposant cette émanation monoatomique, mais la précision des expériences n'a pas été très grande. La destruction spontanée extrêmement rapide de l'émanation de l'actinium a obligé à faire de nouvelles modifications dans le dispositif expérimental, et la valeur du poids atomique de cette émanation n'est pas encore fixée.

1. *Ann. de Phys.*, 9e série, t. III, p. 62; 1915.
2. Cette loi a été établie d'abord sur des gaz (O, CO^2, SO^2, Ar) dont la densité est bien connue.

§ 5. — Chimie industrielle

L'action de l'acétylène sur les métaux. — Sur cette question très importante au point de vue technique, MM. H. Reckleben et I. Scheiber viennent de se livrer à de nouvelles recherches systématiques[1].

L'acétylène, préparé par le procédé habituel, est amené, à la pression et à la température ordinaires et pendant une durée de 20 minutes, sur un grand nombre de métaux différents; dans une série d'essais, on emploie l'acétylène brut, dans une seconde série le gaz purifié et dans une troisième le gaz purifié et desséché. Les métaux ou alliages suivants ont été soumis à l'action du gaz : zinc, étain, plomb, fer, cuivre et nickel sous forme de poudre, laiton, cuivre rouge, maillechort, bronze phosphoreux, bronze d'aluminium, bronze d'art, métal pour caractères d'imprimerie et soudure sous forme de copeaux. Les résultats suivants ont été obtenus :

L'acétylène pur et sec n'agit sur aucun des métaux étudiés. L'acétylène pur humide n'a produit aucune modification d'aspect de ces métaux, et seulement une légère augmentation de poids du nickel et du cuivre. L'acétylène impur et humide n'a presque aucune action sur l'étain, le cuivre rouge, le maillechort, le bronze d'aluminium, le métal pour caractères et la soudure; il provoque une augmentation de poids de moins de 1 % du zinc, du plomb, du laiton et du nickel; par contre, le fer, le bronze d'art et le bronze phosphoreux subissent des élévations de poids de 6, 4, 6 et 14,4 %, perdent leur éclat métallique et deviennent noirs. Enfin le cuivre est modifié le plus fortement et le plus rapidement; il augmente considérablement de poids et se recouvre en partie d'une croûte noire.

Un examen plus approfondi montre, toutefois, qu'il ne s'est pas formé d'acétylénure de cuivre, car les auteurs ne sont pas parvenus à faire exploser la substance par le chauffage ou par le choc. En traitant le cuivre avec un acide, il ne se dégage pas d'acétylène, mais par contre des traces de H^2S, et il reste une substance noire humoïde. Les mêmes constatations ont été faites à l'examen d'une conduite à acétylène en cuivre qui s'était bouchée pendant le fonctionnement: la poudre noire grattée du tube n'a pas de propriétés explosives; elle ne contient pas de calcium, mais beaucoup de carbone.

Aussi les auteurs croient pouvoir recommander l'emploi du cuivre et de ses alliages dans les installations à acétylène, car il n'y aurait aucun danger d'explosion. Il ne peut se produire que des obturations des tuyaux, qu'il est facile d'éviter en étamant ou en nickelant les parties métalliques qui viennent en contact avec l'acétylène.

Isolement électrolytique du fil d'aluminium. — La couche d'oxyde qui se forme par électrolyse sur une anode en aluminium oppose une grande résistance au passage du courant. C'est sur ce principe que Ch. Pollak a construit un condensateur de grande capacité et un redresseur de courants alternatifs pouvant servir jusqu'à 140 volts. C'est également sur ce principe qu'est basée la soupape électrolytique de Faria.

La pellicule d'alumine ainsi déposée sur le métal acquiert, après dessiccation, une résistance diélectrique à peu près égale au voltage sous lequel elle a été formée.

1. *Chem. Ztg*, 1915, p. 42.

Ce procédé a été appliqué à l'isolement des fils d'aluminium. MM. C. E. Skinner et L. W. Chubb [1] ont obtenu un revêtement isolant si mince que le conducteur en aluminium une fois bobiné occupe un volume inférieur à celui que formerait un fil de cuivre recouvert de l'isolant le moins épais possible.

La composition de l'électrolyte a une grande importance, non seulement pour la solidité mécanique et la résistance diélectrique de la pellicule isolante, mais aussi pour la quantité d'énergie dépensée et pour la vitesse à laquelle le fil peut traverser le bain. Les électrolytes qui ont donné les meilleurs résultats sont des solutions de borax, de borate d'aluminium et surtout de silicate de soude.

Le fil, relié au pôle positif d'une source d'électricité (dynamo ou batterie d'accumulateurs), est entraîné successivement dans cinq cuves en verre, dont la première et la dernière contiennent de l'eau chaude et les trois autres un électrolyte. Afin d'empêcher le mélange des liquides contenus dans deux cuves voisines, le fil passe dans des tubes de jonction à l'intérieur desquels est insufflé de l'air qui sèche rapidement la surface mouillée.

Au début, il fallait former la pellicule d'oxyde en deux phases, le fil étant soumis d'abord à une tension de 200 volts, puis à une tension de 400 volts. Actuellement, une seule opération suffit. Il faut d'autant moins d'énergie que la densité du courant est plus élevée. Avec les fils de petit calibre, cette densité a été limitée par la fusion du fil pendant son passage d'une cuve à la suivante. La vitesse d'entraînement du fil varie, suivant les calibres, entre 12 et 45 mètres par minute, et la dépense d'énergie est de 2,325 watts-heure à 12,4 watts-heure par décimètre carré de surface traitée.

L'épaisseur de la couche isolante varie entre 0,00025 centimètre et 0,001 centimètre; aussi ce revêtement est-il très flexible et ne se fendille ni ne s'affaiblit sensiblement par des pliages du fil à angle vif. Sa résistance diélectrique est bien supérieure à celle des oxydes déposés par d'autres méthodes précédemment essayées : ces oxydes ne résistaient pas à une différence de potentiel de plus de 0,5 volt, tandis que deux fils traités par le nouveau procédé électrolytique supportent 200 à 500 volts, même lorsqu'ils sont fortement tordus ensemble. En outre, le fil doux supporte un étirage de 30 °/₀ de sa longueur, sans que l'isolement paraisse en souffrir.

La pellicule d'alumine est tantôt tendre et irisée, tantôt dure et blanche. La pellicule tendre se forme dans des électrolytes de qualité inférieure, mais exige une plus grande dépense d'énergie. La pellicule blanche, formée dans le silicate de soude à la tension de 425 volts environ, est plutôt douce au toucher; elle est cependant si dure que les ouvriers chargés de bobiner le fil auraient les mains rapidement usées et coupées, s'ils ne prenaient la précaution de le manipuler avec des pinces spéciales.

E. C.

§ 6. — Biologie

La recherche de nouvelles substances alimentaires en Allemagne. — Le mouvement, que nous avons déjà signalé [2], de recherche de nouvelles substances alimentaires indigènes pour l'homme et les animaux, en vue de remplacer celles qu'elle n'importe plus que très difficilement, se poursuit en Allemagne dans différentes directions.

L'utilisation alimentaire de la levure de brasserie est un problème qui a été résolu depuis plusieurs années déjà par les recherches de l'Institut des Fermentations à Berlin [3], et la levure sèche pressée et purifiée, à l'usage de l'homme ou des animaux, est un produit qui se trouvait couramment dans le commerce en Allemagne au moment de la déclaration de guerre. Mais on ne se borne plus aujourd'hui à utiliser la levure résiduelle de la fabrication de la bière ou d'autres boissons alcooliques; les techniciens allemands annoncent [1] qu'ils sont parvenus à mettre sur pied un procédé nouveau qui permet la production rapide de levure en aussi grande quantité qu'on le désire. MM. Hayduk et Nagel, en cultivant la levure dans des solutions nutritives contenant du sulfate d'ammoniaque et du sucre (ce dernier sous forme de substances sucrées ou de matières qui donnent du sucre par un traitement approprié), ont vu cette dernière se multiplier avec énergie en donnant une masse qui, séchée, contient jusqu'à 50 °/₀ d'albumine. Cette levure, traitée par les procédés connus, forme un fourrage excellent pour tous les animaux, en particulier les chevaux; on peut en tirer également un produit nutritif pour l'homme. Les détails du procédé sont tenus secrets; c'est probablement par la composition donnée à la solution nutritive qu'on arrive à suspendre le travail fermentatif de la levure pour tourner toute son énergie vers la multiplication des cellules.

M. C. Jacobj, professeur à l'Université de Tübingen, vient à son tour, après une série d'expériences, de proposer l'emploi alimentaire de certains lichens [2]. D'après lui, le *Cetraria islandica* (lichen d'Islande des pharmaciens) est utilisable comme succédané de la farine pour la préparation du pain; cet usage est d'ailleurs pratiqué depuis longtemps dans les régions du nord, et pas seulement en temps de famine. Cette plante contient, en effet, une forte proportion d'hydrates de carbone facilement digestibles (70 °/₀ de lichénine et 11 °/₀ de dextrolichénine); elle renferme, en outre, une substance amère, l'acide fumarprotocétrarique, qu'on peut éloigner sans toucher à la valeur nutritive du produit; on y arrive par l'action d'une solution de carbonate de potasse à 1 °/₀ pendant 3 heures et un lavage subséquent. Le lichen desséché et moulu est mélangé par moitié avec de la farine, et le tout est panifié à la manière habituelle. On peut également faire bouillir le lichen pour éloigner la substance amère, puis le passer au tamis et l'additionner de jus de fruit, ce qui donne une bouillie assez appétissante, consommée d'ailleurs en Scandinavie [3]. Le *Cetraria islandica*, dont la pharmacie fait déjà un certain commerce, serait facile à se procurer en quantités importantes en Scandinavie, au Tyrol et, en Allemagne même, dans le Harz et le Fichtelgebirge.

M. Jacobj propose, d'autre part, pour la nourriture du bétail, l'emploi d'un autre lichen, le lichen des rennes (*Cladina rangiferina*), qui constitue le principal aliment de ce dernier animal et est aussi employé comme fourrage dans les pays septentrionaux. Il est également riche en hydrates de carbone et, bien qu'il contienne aussi une substance amère, celle-ci est en proportion moindre et il ne paraît pas nécessaire de l'éliminer pour l'usage du bétail. Ce lichen est très répandu en Allemagne. M. Jacobj a calculé que, dans l'Allgau wurtembergeois, il en existe environ 20.000 kilogs par km²; un homme peut en récolter 100 kilogs par jour et le prix de revient du kilog de lichen frais ne dépasserait pas 12,5 centimes.

Il semble possible d'utiliser également d'autres lichens : le *Cladina sylvatica*, l'*Evernia prunastri*, le *Cetraria glauca*.

Toutefois, même si cette utilisation se montre pratique, une question se pose : Y a-t-il là une source durable de substances alimentaires? Il semble bien qu'il faille y répondre par la négative. En effet, la croissance des lichens est généralement très lente, et, après la récolte

1. *American Electrochemical Society*.
2. Voir la *Revue* du 30 avril 1915, t. XXVI, p. 232.
3. A. Gradenwitz : L'utilisation de la levure. *Rev. gén. des Sc.* du 15 août 1913, t. XXIV, n° 15, p. 569.

1. *Zeitschr. fur Spiritusindustrie*, 1915.
2. Die Flechten Deutschlands und Oesterreichs als Nähr und Futtermittel, et Die Lager von Renntierflechte und ihre Verwertung als Futter. J. C. B. Mohr, Tübingen, 1915.
3. Il faut noter, toutefois, que si la farine de lichen est riche en hydrates de carbone assimilables, elle est très pauvre en substances azotées (2,8 °/₀ au maximum).

des pousses actuelles, il se passera probablement des années avant qu'on puisse faire une seconde cueillette. Cette source de provisions n'a donc qu'une valeur tout à fait temporaire.

L'influence du climat sur le travail. — Qu'elle est l'influence du climat sur le travail, physique ou mental? Telle est la question que s'est posée M. Ellsworth Huntington, du Département de Géographie de l'Université de Yale, et qu'il a cherché à résoudre au moyen d'observations faites sur des ouvriers d'usines et des étudiants[1].

Comme il est difficile de comparer les effets du climat en deux endroits éloignés, la population étant souvent bien différente, l'auteur a choisi les mêmes personnes dans un lieu où il y a des changements de saisons marqués et il a étudié comment leur travail varie de mois en mois.

Ainsi il a d'abord analysé les fiches de plus de 500 travailleurs, dans trois usines du Connecticut, où l'ouvrage est très exactement enregistré; il s'agissait d'ouvriers aux pièces, dont le rendement était toujours poussé au maximum. Puis il a utilisé les notes journalières et hebdomadaires, données pendant six années aux élèves de l'Ecole d'Annapolis et pendant deux ans aux élèves de l'Ecole de West-Point.

En ce qui concerne le travail manuel, les résultats sont résumés dans la figure 1. Elle représente les fluctuations de salaires, semaine par semaine, pendant 4 années successives, de 1910 à 1913. La hauteur des courbes indique le salaire moyen gagné par heure; les nombres ont été réduits en %, l'échelle des salaires variant dans les divers départements et les hommes gagnant à peu près deux fois plus que les femmes; par ce moyen, les différents groupes peuvent être combinés. La courbe supérieure est basée sur le travail d'une soixantaine de personnes, à Bridgeport, qui dirigeaient des machines; ce travail ne demande pas d'habileté, mais de la rapidité et de l'attention. Les courbes des trois autres années sont basées sur les observations dans une fabrique de New Britain; les travailleurs se composaient à peu près par moitié d'hommes et de jeunes filles, les uns finissant des pivots, que les autres empaquetaient; les salaires dépendent non seulement de la quantité de travail, mais du nombre de pièces rejetées; autrement dit, ils varient non seulement avec la vitesse, mais avec l'exactitude.

Les quatre courbes présentent d'assez grandes analogies et peuvent être combinées en une seule, qui est tracée en un trait plus épais au-dessous des précédentes. L'examen de cette dernière montre que les salaires les plus bas sont gagnés pendant le mois de janvier; puis il y a une augmentation assez régulière au cours des mois suivants jusque vers le milieu de juin; ensuite, le travail commence à baisser pendant quelques semaines, et en juillet et août la courbe se maintient à un niveau inférieur à celui de juin, mais bien supérieur à celui de l'hiver. A la fin d'août, l'ouvrier recommence à travailler rapidement et il continue avec une vitesse croissante jusque vers le milieu de novembre. Puis la courbe retombe, avec un arrêt vers le milieu de décembre suivi d'une chute brusque vers la fin de ce mois.

Quelle est la signification de ces variations, qui sont assez importantes, puisqu'elles atteignent 15 % dans les courbes de moyennes et 20 à 25 % dans les cas individuels. Elles ne tiennent pas à une variation des commandes, car les industries considérées ne sont pas sujettes à des « coups de feu » et à des « mortes-saisons », et la production est à peu près régulière toute l'année. Elles ne proviennent pas non plus du système de fixation des salaires, car dans les cas où il y a eu paiement de primes supplémentaires, celles-ci ont été déduites dans l'établissement des courbes, afin que les salaires fussent en proportion directe du travail accompli.

La seule explication satisfaisante, c'est que l'énergie des travailleurs varie de 10 à 15 % d'une saison à l'autre. Ce résultat est complètement d'accord avec celui

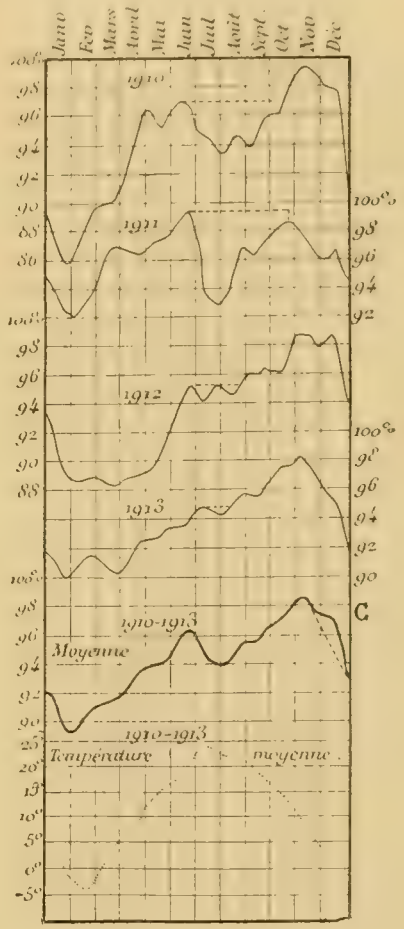


Fig. 1. — *Rendement des ouvriers des fabriques aux diverses époques de l'année.*

des psychologues danois Lehmann et Pedersen, qui ont mesuré à Copenhague l'énergie des enfants des écoles à diverses époques de l'année; en tenant compte de la croissance normale de ces enfants, il apparaît que leur force varie d'une saison à l'autre d'une manière très analogue à celle des courbes de la figure 1.

Lorsqu'on étudie l'activité mentale, on arrive approximativement aux mêmes résultats, comme le montre la figure 2 où sont représentées les notes des étudiants. La principale différence avec la figure 1, c'est que le maximum d'automne à West Point se produit plus tard que celui des travailleurs, tandis que le maximum du printemps est plus précoce. A Annapolis, les deux maxima sont plus rapprochés. En somme, à des endroits, en des années et chez des individus différents, la force mentale et physique varie constamment avec les saisons d'une façon dont nous sommes le plus souvent inconscients.

Quelle est donc la cause de ces variations saisonnières. M. Ellsworth Huntington, par une discussion approfondie, élimine successivement une série de facteurs, tels que la quantité de lumière solaire, le confinement dans les maisons, l'influence des vacances, pour n'en laisser subsister qu'un, qui lui paraît jouer le rôle principal: la *température*.

Si l'on se reporte à la figure 1, la courbe de température tracée au bas et la courbe de travail moyen si-

1. *Harper's Monthly Magazine*, n° 776, p. 233-234; janv. 1915.

tuée au-dessus présentent, en effet, de grandes similitudes. Elles sont basses toutes deux en janvier et février; à partir de février, elles s'élèvent ensemble jusqu'au milieu de juin; puis la courbe du travail s'abaisse, tandis que l'autre continue à monter. La chute de la courbe du travail commence quand la

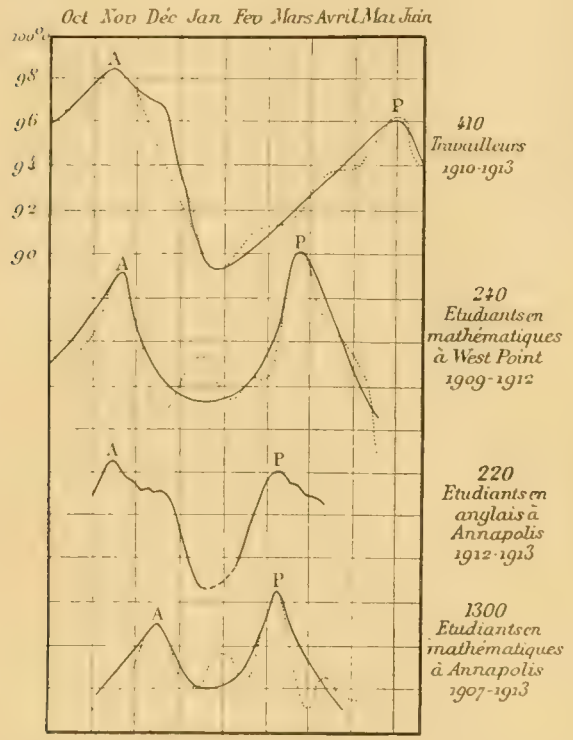


Fig. 2. — *Variations saisonnières de l'activité mentale et physique.* — A et P indiquent les maxima d'automne et de printemps.

température moyenne s'est élevée à 18°-21° C. Quand la température s'arrête de croître, le travail s'arrête de diminuer et reste stationnaire pendant environ un mois ou jusqu'à ce que la température moyenne se soit abaissée aux environs de 20°. Durant la période subséquente de température favorable, la courbe de travail reprend sa marche ascendante jusqu'au milieu de novembre, où la température moyenne tombe au-dessous de 9° et commence à devenir défavorable. Ensuite, en omettant la bosse de Noël, la température et la quantité de travail déclinent ensemble jusqu'au minimum de janvier.

Il semble donc y avoir une relation étroite entre la température et le travail; mais, chose curieuse, elle est plutôt l'inverse de celle que la plupart des gens supposent communément : une basse température apparaît comme beaucoup plus nuisible et une température élevée comme moins nuisible qu'on ne l'admettait généralement. Il est étrange, en particulier, de voir l'action marquée d'une basse température extérieure sur des personnes qui travaillent dans des usines chauffées et ne restent que très peu de temps au dehors dans une journée. Les médecins et les physiologistes ont cependant déjà signalé le fait qu'une exposition même très courte à la température extérieure suffit à donner le ton à une journée entière.

La connexion étroite signalée plus haut ressort d'ailleurs encore quand on détermine la rapidité du travail dans des jours ayant des températures différentes, quel que soit le mois de l'année auquel ils appartiennent. La figure 3 donne les courbes des salaires moyens des hommes et des femmes et des notes des étudiants pour des jours dont les températures s'étendent de — 9° à 27° C. L'activité mentale et le travail physique sont très déprimés aux basses températures; ils se relèvent quand la température s'accroît, et l'activité mentale atteint la première son maximum à une température de 3°5, tandis que le travail manuel n'atteint le sien qu'à 15°5. Puis les courbes commencent à s'abaisser. Ces courbes de variation du travail avec la température sont d'autant plus intéressantes qu'elles sont tout à fait analogues à celles qui ont été calculées pour les plantes et les animaux.

Des observations précédentes, on peut tirer quelques conclusions pratiques. Si les travailleurs d'une usine ou

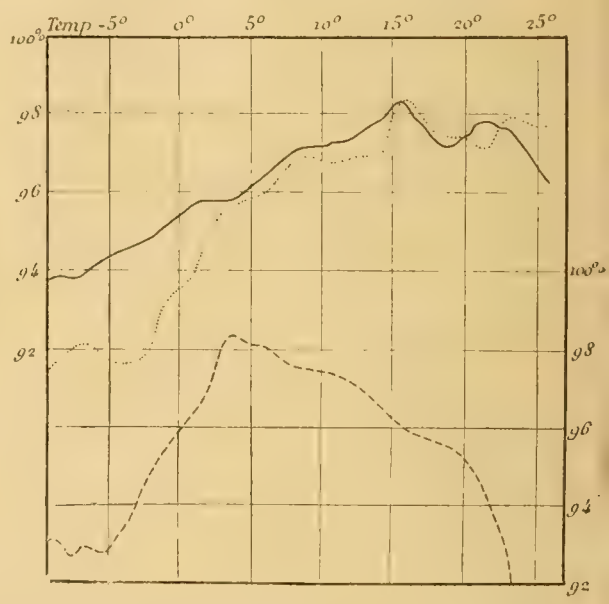


Fig. 3. — *Activité mentale et physique à diverses températures moyennes.*

——— Activité physique de 500 hommes.
..... — — 200 jeunes filles.
— — — mentale de 1.560 étudiants.

les personnes engagées dans un travail quelconque doivent être soumis à un « coup de feu », il est préférable de le faire coïncider avec une époque où la Nature vient à leur aide. Accélérer le travail en février revient à « fouetter un cheval fatigué dans l'espoir de lui faire gagner une course » (heureusement beaucoup d'usines ont l'habitude de ralentir le travail en janvier, et l'on voit les fortes raisons physiques d'agir ainsi). Plus tard, en particulier en mai et en juin, les travailleurs peuvent être poussés à leur extrême limite sans souffrir, parce que leurs énergies augmentent naturellement; c'est encore davantage le cas en octobre et au commencement de novembre. Après le milieu de novembre, la presse peut produire des résultats, comme on le voit par la « bosse de Noël » C sur l'avant-dernière courbe de la figure 1; mais, si elle se continue pendant tout l'hiver, elle épuise les travailleurs à un degré excessif.

On voit encore que l'époque où les travailleurs auraient le plus besoin de vacances tombe en janvier et février. Si l'usage général s'est établi de prendre des vacances en été, c'est que cette saison est la plus agréable pour vivre au dehors, tandis qu'en hiver la majorité des travailleurs n'aurait aucun moyen de se récréer.

L'ORIGINE DES SOCIÉTÉS D'INSECTES

LEÇON FAITE AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS

I

Nous avons, dans les leçons précédentes, exposé les faits essentiels relatifs aux sociétés d'Insectes ; nous avons étudié successivement les Termites, les Guêpes, les Abeilles et les Fourmis; nous allons aborder maintenant le problème complexe de l'origine de phénomènes qui comptent parmi les plus instructifs de l'Histoire naturelle des êtres organisés.

Il ressort de nos connaissances sur la généalogie des Insectes que les mœurs sociales se sont établies indépendamment chez les Termites, qui sont à métamorphoses incomplètes, et chez les Hyménoptères, Insectes à métamorphoses complètes; les Guêpes, les Abeilles et les Fourmis ne descendant pas les unes des autres, de nombreuses Guêpes et Abeilles vivant au surplus solitaires, l'association est apparue dans ces trois groupes indépendamment aussi; il est même possible que toutes les Guêpes sociales ne proviennent pas d'un même ancêtre solitaire, et il est à peu près certain que les Bourdons, les Mélipones et les Abeilles proprement dites se rattachent à des Abeilles solitaires différentes. Le phénomène social est donc polygénique chez les Insectes, bien que relativement rare, si l'on considère le nombre considérable de groupes qui ne le présentent pas ; cependant les sociétés de Termites et les diverses sociétés d'Hyménoptères offrent des caractères communs leur donnant une grande ressemblance, ce qui laisse supposer que des circonstances comparables ont présidé à leur constitution originelle.

Le trait dominant de ces sociétés est la présence de neutres, individus qui, entre autres particularités, présentent celle d'être frappés d'atrophie dans leurs organes génitaux et d'être normalement stériles. Ces neutres forment l'immense majorité de la population, un couple chez les Termites, une femelle fécondée unique chez la plupart des Guêpes, des Abeilles et des Fourmis étant même les seuls individus fertiles de l'association. Par l'existence des neutres, la société des Insectes, envisagée dans son ensemble comme étant un superorganisme, ressemble singulièrement à un organisme multicellulaire : une comparaison entre ces deux genres d'associations s'impose et peut être fructueuse.

A l'œuf fécondé d'où procède l'organisme multicellulaire, correspond le couple fondateur chez les Termites, la femelle qui renferme le mâle sous la forme de spermatozoïdes remplissant son réceptacle séminal chez les Hyménoptères sociaux. De même que l'œuf fécondé donne des somatocytes mortels et des gonocytes virtuellement immortels, de même naîtront dans la société d'Insectes des neutres dont le cycle biologique est interrompu et des sexués qui peuvent reconstituer l'association. Il y a cette différence que l'œuf fécondé est réparti intégralement aux blastomères, sans laisser de résidu, alors que les fondateurs ou la fondatrice fécondée des sociétés d'Insectes subsistent à côté des descendants immédiats ; mais cette différence n'a rien d'essentiel, car chacun des rejetons dans la société des Insectes a pour origine une parcelle de la substance héréditaire des parents, comme les cellules de l'organisme multicellulaire ne sont qu'une fraction de l'œuf fécondé initial.

La seule différence importante est celle-ci : l'organisme multicellulaire est une association concrète dans laquelle les associés restent liés par des connexions anatomiques, tandis que les sociétés d'Insectes sont des associations discrètes formées d'éléments anatomiquement indépendants, ne pouvant s'influencer les uns les autres que par leur comportement éthologique.

Lorsque nous avons étudié l'origine des organismes multicellulaires, nous avons reconnu qu'elle est due à des conditions économiques particulièrement favorables, ne nécessitant pas l'émigration des cellules lors de leur division et leur permettant d'exploiter un territoire en commun; à la même cause peut être attribuée l'origine première des sociétés d'Insectes : les Termites, aussi bien que les Hyménoptères, sont des animaux nidifiants, et le nid, abondamment pourvu d'aliments, constitue pour ces organismes un territoire privilégié où les rejetons peuvent vivre en famille.

Nous avons antérieurement fait ressortir le contraste qui existe entre les organismes multicellulaires chétifs dont toutes les cellules sont également reproductrices, sans différenciation, et les organismes multicellulaires puissants à cellules beaucoup plus nombreuses, chez lesquels s'est produite une différenciation en gonocytes et somatocytes, ceux-ci étant les humbles serviteurs de ceux-là et passant tôt ou tard à l'état de cadavre; de même nous connaissons des associations familiales d'Insectes ou d'Araignées, où

tous les individus sont égaux, où il n'y a pas de neutres, et ces associations sont peu développées et éphémères, car les nécessités de la lutte pour la vie amènent forcément une émigration des individus ; ce n'est que dans les sociétés de Termites et d'Hyménoptères que de simples familles ont pu devenir des peuples permanents, grâce à l'apparition d'innombrables individus ne se reproduisant pas et sacrifiés à la vie complète des individus fertiles; ce phénomène de limitation de la reproduction sexuelle, correctif de l'excès de population, commun aux organismes multicellulaires parfaits et aux sociétés d'Insectes perfectionnées, est caractéristique de toutes les associations biologiques stables, car nous le trouvons sous une autre forme ailleurs : les seuls Mammifères qui aient pu donner naissance à des peuplades permanentes sont, en effet, des Ongulés et des Primates, animaux polygames ne donnant naissance qu'à un ou deux petits après une longue gestation.

Ajoutons encore qu'au polymorphisme des cellules somatiques des êtres multicellulaires correspond un polymorphisme des neutres chez les Insectes sociaux, puisque, au moins chez les Termites et chez les Fourmis, il y a des soldats et que les ouvrières des Fourmis peuvent être elles-mêmes différenciées.

L'étonnante ressemblance qui existe entre les organismes multicellulaires et les sociétés de Termites ou d'Hyménoptères nous autorise à penser que nous pouvons raisonner par analogie dans les problèmes encore controversés qui intéressent les uns et les autres.

II

Cela posé, envisageant le problème de l'origine historique des sociétés d'Insectes, nous allons avoir, dès l'abord, à choisir entre deux opinions.

Herbert Spencer, avec lequel se sont rencontrés quelques biologistes, a admis que les sociétés d'Insectes étaient dues au concours de plusieurs individus bâtissant en commun un même nid: il en serait résulté un avantage dans la lutte pour l'existence, une division du travail subséquente ayant produit les neutres. L'association aurait donc été agrégée avant de devenir une famille composite, et aurait par conséquent en principe ressemblé à un Myxomycète.

La plupart des naturalistes sont, au contraire, d'un avis tout différent : ils pensent que le déterminisme historique du phénomène serait le même que son déterminisme actuel; l'association aurait été d'emblée une famille procédant d'une souche unique, couple chez les Termites, femelle fécondée chez les Hyménoptères; cette association serait sous ce rapport comparable à un animal multicellulaire.

La première interprétation n'a pour elle que des arguments de très peu de valeur; elle se heurte, en outre, à des difficultés insurmontables, dont la principale est la nécessité d'admettre que le mode initial de constitution de ces associations aurait été complètement modifié au cours des temps. Toutes les observations concordent, en effet, pour nous montrer que c'est toujours un couple qui fonde une société de Termites, que c'est toujours une femelle fécondée qui est le point de départ de l'association chez les Hyménoptères sociaux, comme c'est toujours une femelle fécondée qui bâtit le nid, d'ailleurs, chez tous les Hyménoptères solitaires dont les Hyménoptères sociaux descendent.

Il est vrai que l'on a parfois constaté que des Hyménoptères hivernaient en nombre sous un même abri, que certaines Guêpes solitaires nidifient tellement près les unes des autres que leurs nids finissent par se confondre ; il est vrai que l'on a trouvé des nids de *Polistes* et de *Vespa* renfermant deux ou plusieurs reines, mais l'on n'a pas observé comment ces nids avaient été fondés, et ces cas sont tellement rares qu'on peut les considérer comme tout à fait exceptionnels. Il est vrai encore que H. von Ihering a découvert au Brésil que les nids de diverses Guêpes sociales renferment constamment un certain nombre de femelles fécondées, que R. von Ihering a vu qu'il en était de même pour les Bourdons des mêmes régions ; mais le point de départ de ces nids nous est inconnu; prétendre avec ces auteurs que la « monogamie » des Hyménoptères sociaux des régions tempérées dériverait de la « polygamie » des Hyménoptères sociaux des régions tropicales sous l'influence de l'abaissement de la température depuis les temps tertiaires, l'hiver causant la mort des neutres et la dispersion des femelles fécondées, c'est oublier deux faits positifs : d'abord, qu'il y a des sociétés d'Hyménoptères monogames dans les régions tropicales; les associations polygames peuvent en dériver par le fait du climat, les nouvelles femelles fécondées restant dans l'association, qui est permanente, avec les neutres; ensuite que, dans les régions tempérées, il existe des sociétés de Guêpes se dispersant bien avant l'apparition des premiers froids, l'évolution de leur nidification étant tout à fait comparable à celle des Hyménoptères solitaires dont ils proviennent.

Nous admettons donc que les phénomènes actuels de constitution des sociétés d'Insectes sont la photographie des phénomènes qui leur

ont donné originairement naissance, et de cette manière nous n'aurons pas trop de difficultés à interpréter les faits.

III

Il y a lieu d'envisager séparément les Termites et les Hyménoptères sociaux.

Chez les Termites les plus primitifs, le nid est creusé dans le bois vermoulu; il est fondé par le futur couple royal, et après de longues fiançailles nécessaires à la maturation de leurs glandes génitales, le roi et la reine s'occupent l'un et l'autre de l'alimentation des jeunes. Ceux-ci évoluent rapidement en neutres, qui sont ou bien mâles ou bien femelles, et dès lors la société est constituée; des individus sexués complets apparaissent beaucoup plus tard.

Les Termites ont donc pour ancêtres des Insectes chez lesquels le mâle comme la femelle s'occupait de la progéniture, ce qui explique que les neutres mâles agissent comme les neutres femelles pour se substituer aux parents dans cette fonction.

Il est intéressant de constater que c'est précisément parmi les Insectes qui rongent le bois que l'on rencontre le plus fréquemment une association des deux sexes pour l'élevage des petits; c'est le cas notamment des Hyménoptères du genre *Trypoxylon*, comme l'a montré Fabre, et des Coléoptères du genre *Passalus*, dont le mâle et la femelle mâchent le bois pour nourrir leurs larves.

Antérieurement, nous avons montré que les Termites ne sont que des Blattoïdes spécialisés datant du Tertiaire; or il existe précisément aujourd'hui dans l'Amérique du Nord des Blattes du genre *Dasypoma* qui vivent dans le bois vermoulu ; les femelles et les mâles se rencontrent côte à côte avec des jeunes. Que faut-il de plus pour arriver à l'association des Termites? D'abord que les individus des deux sexes s'occupent de l'élevage de leur progéniture et constituent une famille, ensuite que les premiers jeunes soient des neutres et viennent transformer la famille en société.

Parmi les Hyménoptères sociaux, toutes les Fourmis ont des mœurs sociales, tandis que seules des Guêpes et des Abeilles supérieures vivent en associations. Guêpes, Abeilles et Fourmis se rattachent aux Hyménoptères du groupe des Fouisseurs, si remarquables par leurs mœurs, mais à des Fouisseurs différents. La société est cependant du même type dans ces trois catégories, et dans ces différents cas l'origine peut être considérée comme étant identique. Les Hyménoptères Fouisseurs, les Guêpes et les Abeilles solitaires possèdent déjà le nid, base de toute association, nid fondé par une femelle fécondée et formé d'alvéoles que l'Insecte remplit de provisions destinées aux larves futures. Sa tâche terminée, la mère meurt sans voir sa progéniture. Dans les types sociaux, une femelle fécondée commence la construction du nid, nourrit ses premières larves, mais son labeur est loin d'être accompli que déjà des larves ont donné des adultes, et ces adultes, de petite taille, sont des neutres du sexe femelle : les neutres, au lieu de se disperser, aident leur mère et assouvissent leurs propres instincts maternels en s'occupant de l'élevage de la famille. D'autres neutres, toujours femelles, viennent augmenter celle-ci; plus tard seulement naissent des mâles et enfin des femelles parfaites.

La production de neutres chez des Hyménoptères a donc, comme pour les Termites, transformé une famille en société.

IV

Le phénomène qui domine l'origine des sociétés d'Insectes est donc l'apparition des neutres, et nous allons étudier de près cette singularité.

Pour procéder avec ordre, demandons-nous d'abord comment il se fait que les neutres soient exclusivement des femelles dans les sociétés d'Hyménoptères, qui sont essentiellement des sociétés féministes, alors qu'ils sont des deux sexes chez les Termites, où un mâle cohabite avec une femelle.

Cette particularité est liée à une autre bizarrerie que nous rencontrons chez les Hyménoptères sociaux, le fait que le mâle naît d'un œuf qui n'est pas fécondé.

Formulée d'abord comme hypothèse par Dzierzon, cette parthénogénèse a été démontrée indirectement par la constatation due à Duesberg pour les Guêpes, à Meves pour l'Abeille domestique, à Lams pour les Fourmis, que dans la spermatogénèse de ces Insectes, il n'y a pas de réduction karyogamique : des deux sortes de spermatozoïdes qui sont produites, comme chez les autres animaux, l'une ne renferme pas de chromosomes et meurt, tandis que l'autre conserve tous les chromosomes des spermatogonies. Le corollaire en est que les noyaux du mâle doivent être haploïdiques, c'est-à-dire ne renfermer que la moitié du nombre des chromosomes des noyaux de la femelle, ceux-ci devant être diploïdiques comme dans les autres animaux. La démonstration positive de cette différence est cependant encore à faire. Toujours est-il que l'absence de réduction karyogamique confirme le fait, constaté chez les Guêpes et

les Abeilles par von Siebold, que l'œuf donnant naissance à un mâle ne renferme pas de spermatozoïde.

Ce phénomène est-il propre aux sociétés d'Hyménoptères ? est-il une particularité sociale qui aurait pour conséquence utile une économie de spermatozoïdes permettant à la femelle fécondée de produire plus de neutres ? C'est peu probable, car il supposerait un polygénisme singulier. Il est plus vraisemblable qu'il existe déjà chez les formes solitaires ancestrales, et il y aurait lieu d'étudier notamment la spermatogénèse des Fouisseurs pour s'en assurer.

On admet que le réceptacle séminal de la femelle fécondée des Hyménoptères sociaux peut se contracter pour la sortie des spermatozoïdes qu'il contient. L'organe se contracte-t-il lors de la ponte, un spermatozoïde pénètre dans l'œuf, et celui-ci donne un individu femelle ; le réceptacle ne se contracte-t-il pas, l'œuf reste vierge et donne un mâle.

M. Paul Marchal a cherché à compléter cette explication d'une manière ingénieuse. Etant donné que les différentes sortes d'œufs se succèdent d'une manière régulière dans la ponte des Hyménoptères sociaux, que la femelle pond d'abord pendant longtemps des œufs d'où sortiront des neutres, donc des œufs fécondés puisque les neutres sont femelles, puis des œufs de mâles et enfin des œufs de femelles parfaites, il suppose qu'un moment arrive où le réceptacle séminal de la femelle est fatigué et cesse de fonctionner pour reprendre son activité plus tard.

C'est cette succession régulière dans la ponte d'œufs fécondés et non fécondés, se manifestant soit pendant la vie annuelle de la femelle, soit chaque année, lorsque, comme chez l'Abeille domestique et les Fourmis, son existence est beaucoup plus longue, qui explique comment il se fait que les neutres des Hyménoptères soient exclusivement des femelles : dans les conditions où les neutres se produisent, leur mère est dans une période où elle ne pond que des œufs fécondés.

V

Poursuivons l'étude des neutres dans l'ensemble des Insectes sociaux : nous constatons qu'ils diffèrent des individus normaux par certains caractères propres à chacune des catégories auxquelles ils appartiennent et par diverses particularités qui leur sont communes à tous. Examinons celles-ci.

Les neutres sont stériles, mais cette stérilité est relative. A leur naissance, leurs organes génitaux sont en général simplement arriérés ; il est rare qu'ils soient complètement atrophiés, comme dans la Fourmi *Tetramorium cæspitum*. Cette castration est le fait d'une alimentation insuffisante à l'état larvaire ; elle est suivie, comme l'a fait observer M. Paul Marchal, d'une castration nutriciale, le neutre passant aux jeunes la plus grande partie de la nourriture qu'il peut récolter et n'en conservant pour lui qu'une part trop faible pour développer ses organes génitaux. M. Paul Marchal a prouvé que des Guêpes ouvrières, soustraites à leurs devoirs de nourrice et abondamment nourries, se mettent à pondre. C'est de cette manière que l'on peut expliquer que les neutres, aussi bien chez les Guêpes que chez les Abeilles et que chez les Fourmis, peuvent, dans des conditions d'alimentation spéciales, être fertiles et pondre des œufs qui donnent toujours des mâles, puisque ces neutres ne s'accouplent jamais ; c'est aussi grâce à une nourriture particulière que les Termites peuvent transformer des ouvriers et même des soldats en rois ou reines complémentaires, ne ressemblant pas cependant complètement au roi ou à la reine véritables, en cas de décès de ceux-ci.

Les neutres, quels qu'ils soient, diffèrent encore des individus normaux par une suppression partielle de leurs instincts ; le désir d'accouplement est aboli chez eux, ce qui tient sans doute à l'état de leurs organes génitaux ; n'ayant pas de progéniture, sauf dans des cas exceptionnels, ils satisfont à leurs instincts constructeurs et nourriciers qui subsistent intacts, au profit de leurs frères, et s'ils n'émigrent pas, c'est probablement en vertu de la loi du moindre effort : ils profitent du travail commencé par leurs parents ou par leur mère.

VI

Les caractères morphologiques qui différencient beaucoup de neutres des individus normaux, ou les instincts nouveaux que les neutres peuvent présenter, sont beaucoup moins aisés à expliquer ; nous nous trouvons en présence de diverses théories, les biologistes ayant voulu appliquer aux sociétés d'Insectes les explications qu'ils ont adoptées pour interpréter la différenciation des cellules somatiques d'avec les cellules reproductrices chez les organismes multicellulaires.

Herbert Spencer et les lamarckiens, partisans de l'hérédité des caractères acquis, ne pouvant pas comprendre comment, par exemple, un soldat de Termite ou de Fourmi, stérile, est reproduit à la génération suivante avec une plastique et des instincts que ne montrent ni le mâle ni la femelle, ont imaginé que les caractères propres

aux neutres sont cependant transmis de génération en génération grâce au fait que quelques neutres, même les soldats, sont parfois fertiles : cette opinion doit être abandonnée, car la reproduction des neutres est exceptionnelle et absolument insuffisante, quand elle ne manque pas tout à fait. Nous sommes au contraire obligés d'admettre que les caractères des neutres ne sont pas dûs à l'hérédité d'exercice, mais à des propriétés inhérentes à l'œuf de l'espèce, et ceci est d'une grande importance : établissant la comparaison avec les organismes multicellulaires, nous sommes en droit de nous demander si l'hérédité des caractères acquis est intervenue dans leur évolution, puisque nous devons expliquer sans ce facteur le perfectionnement parfois considérable que montrent les neutres chez les Insectes sociaux.

Les naturalistes qui ne partagent pas l'opinion d'Herbert Spencer sont divisés en deux camps.

Les uns, avec Emery, pensent que les œufs d'où proviennent les neutres ne diffèrent pas des œufs d'où naissent les individus fertiles, mais que le plasma germinatif des œufs est labile, produisant, sous l'influence de conditions alimentaires variées, des résultats différents; le neutre serait trophogénique.

Les autres, avec Weismann, croient que les œufs donnant naissance aux neutres renferment un plasma germinatif distinct de celui que contiennent les œufs d'où procéderont les individus normaux, et que les conditions extérieures n'ont pas d'influence sur le produit; le neutre serait blastogénique.

Que disent les faits?

Chez la Guêpe *Polistes gallicus*, chez les *Vespa* les plus primitives et chez les Bourdons, les ouvrières ne diffèrent de la femelle fécondée que par leur grandeur; au fur et à mesure que l'année s'avance, que la société s'accroît en nombre, que les conditions d'alimentation deviennent plus favorables, naissent des neutres dont la taille est de plus en plus développée, et il n'y a guère d'hiatus entre les neutres les plus petits qui apparaissent les premiers et les femelles parfaites; les uns et les autres représentent les fluctuations extrêmes d'un même type entre lesquelles existent toutes les transitions. Avec M. Paul Marchal nous pouvons admettre que c'est la quantité variable de nourriture qui détermine ces différences, et par conséquent que cette catégorie de neutres doit être trophogénique.

Avec M. Paul Marchal nous pouvons admettre encore que, chez les types supérieurs, par suite d'un perfectionnement social qui accentue les différences de conditions dans lesquelles sont produites les ouvrières et les femelles parfaites et qui éloigne les conditions dans lesquelles sont produites ces dernières de celles dévolues à l'ancêtre présocial, il s'établira une divergence de caractères de plus en plus grande entre les neutres et les reines.

Le cas de l'Abeille domestique est extrêmement suggestif. Ici la reine est profondément différente des ouvrières; celles-ci ont conservé presque tous les caractères d'une femelle d'Hyménoptère solitaire, tout en ayant acquis quelques instincts nouveaux; la reine, au contraire, est sortie de l'ornière ancestrale : elle a perdu les organes collecteurs du pollen, comme aussi ses instincts de nourrice, ses ailes se sont raccourcies, son aiguillon s'est modifié; par contre ses organes génitaux se sont prodigieusement développés par une augmentation extraordinaire du nombre des gaines ovigères, et elle est prête à pondre peu de jours après sa naissance. Ces différences ne sont plus celles de deux fluctuations extrêmes, mais bien celles de véritables mutations; elles sont cependant d'origine trophogénique, la nourriture intervenant ici non seulement comme quantité, mais encore comme qualité : nous savons, en effet, depuis la découverte de Schiraz, que les ouvrières peuvent créer une reine au moyen d'une jeune larve d'ouvrière qu'elles élèvent comme une larve de reine : au lieu de la laisser dans une étroite cellule et de la nourrir d'une pâte grossière, elles lui façonnent une grande cellule qu'elles remplissent de la gelée royale, produit de sécrétion de leur tube digestif.

Ces faits plaidant évidemment contre l'opinion de Weismann, nous serions tentés d'étendre avec Emery aux neutres des Fourmis et aussi des Termites les notions que nous enseignent les Guêpes et les Abeilles : voyons si c'est possible.

VII

Chez les Fourmis, comme chez les Termites, ce sont les individus normalement fertiles qui, contrairement à ce que montre l'Abeille domestique, ont conservé les caractères de l'ancêtre présocial, tandis que les neutres sont allés au delà dans l'évolution. Les neutres sont notamment toujours aptères, et ils sont surtout caractérisés par un grand développement de la tête se faisant au détriment de leur abdomen; cette particularité est en rapport avec la puissance des mandibules, et elle va en s'accentuant avec la taille, car les ouvrières chez les Fourmis, les soldats chez les Termites peuvent être répartis d'après celle-ci en plusieurs catégories. Les

soldats des Termites constituent une caste tout à fait distincte de celle des ouvriers et souvent extrêmement différente des parents, tandis que chez les Fourmis on appelle soldats les neutres ayant une taille maximum.

Or M. le Prof. Bugnion, de Lausanne, a fait sur un Termite de Ceylan une découverte capitale : le soldat de l'*Eutermes lacustris*, au sortir de l'œuf, montre déjà la corne frontale à l'extrémité de laquelle s'ouvre l'orifice de l'énorme glande céphalique qui lui permettra, à l'état adulte, de barbouiller l'ennemi d'un liquide répugnant. Si la stérilité de ce soldat est, selon toute probabilité, d'ordre trophogénique, puisque les soldats des Termites peuvent quelquefois devenir fertiles, ses caractères très originaux, totalement absents chez ses progéniteurs et chez les ouvriers, sont d'ordre blastogénique : nous nous trouvons ici en présence d'un phénomène comparable à celui qui nous est offert par ces *Papilio* qui donnent dans une même ponte deux ou trois sortes de femelles, ou simplement à quelque chose d'analogue au dimorphisme sexuel. Est-ce, comme pour le mâle et la femelle, une différence dans la garniture chromosomiale du noyau qui caractérise l'œuf d'où sort le soldat? Nous l'ignorons encore, mais dans ce cas-ci c'est Weismann qui doit avoir raison.

Faut-il en conclure que, comme pour le soldat des Termites, si la stérilité des ouvriers des Termites ou des neutres des Fourmis en général est de nature trophogénique, leurs particularités morphologiques sont blastogéniques? Nous ne le pensons pas.

Les ouvriers des Termites diffèrent beaucoup moins des individus normaux que les soldats, et quant aux Fourmis, l'on peut dire que leurs neutres ne se différencient pas plus de la femelle que l'ouvrière Abeille ne diffère de la reine. Wasmann a d'ailleurs fait une observation de haute valeur au point de vue qui nous occupe. Les fourmilières de *Formica sanguinea* sont fréquemment infestées par des Coléoptères de la famille des Staphylinides, des *Lomechusa strumosa* : ce sont des parasites que les Fourmis choient et dont elles élèvent même les larves. Les *Lomechusa* offrent des poils sur lesquels s'étale une sécrétion dont les Fourmis raffolent et qui les enivre; lorsque ces parasites deviennent très nombreux, la fourmilière dépérit, les Fourmis s'occupant davantage de leurs hôtes que des individus de leur propre espèce : l'on constate alors que les larves qui devraient donner naissance à des femelles ailées, étant mal soignées, ne produisent plus que des « pseudogynes », femelles dégénérées aptères et offrant des caractères de transition qui les rapprochent des ouvrières. C'est la contre-partie de la transformation d'une ouvrière en reine chez l'Abeille !

Nous arrivons donc à cette probabilité que, sauf dans le cas spécial des soldats des Termites qui est en quelque sorte greffé sur le phénomène général, les neutres des Insectes sociaux sont d'origine trophogénique. N'en aurait-il pas été de même, en principe, pour les cellules somatiques des organismes multicellulaires ?

Par conséquent, le déterminisme historique de l'apparition des neutres, cause première de la transformation d'une famille en société, cause de l'existence des sociétés d'Insectes, est une alimentation insuffisante des larves par leurs parents : le couple initial chez les Termites, la femelle fécondée nidifiante chez les Hyménoptères n'auront pas pu fournir à leurs petits la pâture nécessaire au développement de leurs organes génitaux. Cet accident aurait pu entraîner l'extinction de l'espèce si la vie sociale n'était venue la sauver.

Les sociétés d'Insectes sont des monstruosités, si l'on applique ce terme à tout phénomène s'écartant notablement de ce qui est habituel dans la Nature; les neutres sont des monstres viables, utiles par leur comportement. Ils témoignent du triomphe de la vie par la mort : les organismes multicellulaires doivent leur puissance à la mort des cellules somatiques; de même l'exubérance des sociétés d'Insectes résulte de la mort totale d'innombrables neutres sacrifiés à quelques individus privilégiés, dans l'intérêt de la race.

Aug. Lameere,
Professeur à l'Université de Bruxelles,
Membre de l'Académie royale de Belgique.

LA FABRICATION DU RHUM

I. — Production

Le nom de rhum est particulièrement réservé au produit de la fermentation et de la distillation du jus de la canne à sucre, et le nom de tafia ou guildive au spiritueux obtenu avec la mélasse de canne.

La guildive est fort appréciée des nègres et des sauvages; elle a une odeur désagréable et montre de l'âcreté à la dégustation. Pour lui enlever l'odeur forte, on suspend souvent dans le chapiteau, à la distillation, un bouquet de fenouil ou d'anis et on le renouvelle à chaque charge de la chaudière.

Ces guildives, en raison de leur faible prix, sont en concurrence avec les eaux-de-vie de vin qui viennent de France.

Aussi les premiers exportateurs de rhum de nos Antilles eurent une lutte assez vive à soutenir; pendant longtemps, les quantités exportées étaient faibles; la plus grande partie du rhum fut consommée sur place; ce n'est qu'à partir de 1818 qu'un important débouché fut assuré à cette exportation; en 1888 le nombre de litres exportés de la Martinique atteignait près de 15 millions, et en 1902, il dépassait 18 millions, tandis que la consommation locale atteignait 3.000.000.

Au début, le rhum n'était qu'un produit secondaire de la fabrication du sucre : à chaque sucrerie était annexée une distillerie agricole utilisant la mélasse de la sucrerie. Peu à peu, il s'est fondé dans nos possessions de la Martinique, de la Guadeloupe, de grandes usines pourvues de tous les appareils perfectionnés pour l'extraction du sucre; les petits propriétaires, ne pouvant lutter, cherchèrent à transformer leur récolte en rhum. Ce fut la malheureuse ville de Saint-Pierre qui devint le centre le plus important du monde pour cette fabrication; l'éruption du mont Pelé en 1902 mit fin à ce beau rêve.

Ce produit est encore fabriqué à la Jamaïque, Trinidad, Sainte-Lucie, dans les Guyanes, à Haïti, Saint-Domingue, l'île Maurice, la Réunion, où il constitue une des principales ressources pour ces régions.

Dans le *Bulletin de Statistique des Colonies françaises*, nous relevons pour les exportations de rhum en 1912 les chiffres suivants :

Litres de rhum à 55°

Martinique	14.101.468
Guadeloupe	9.697.851
Guyane française	906
Réunion	3.598.239
Mayotte et dépendances	107.695
	27.506.159

atteignant une valeur de 12.746.974 francs; nous pouvons admettre pour les autres pays exportateurs (Guyane anglaise, Jamaïque, Guyane hollandaise, île Maurice, Sainte-Croix, Sainte-Lucie, etc.), une exportation d'environ 32.500.000 litres, ce qui fait un total de 60.006.159 litres. Nous ne sommes pas loin de la vérité en admettant, pour nos deux grandes colonies de la Guadeloupe et de la Martinique, une consommation locale de 6 à 7.000.000 de litres.

Le rhum exporté est expédié à Bordeaux et au Havre qui constituent nos deux grands marchés; une autre partie est envoyée en Angleterre, aux Etats-Unis, en Hollande et à Hambourg.

Les chiffres suivants nous renseignent sur l'importation en France :

	Hectol. d'alcool pur		
	1912	1913	1914
Martinique..	76.063	88.988	88.142
Guadeloupe.	49.957	45.799	58.147
Autres pays.	17.149	20.750	17.192
	143.169	155.537	163.481

Ce qui fait une moyenne de 154.062 hectol. d'alcool à 100° ou 277.311 hect. de rhum à 55°, ayant une valeur moyenne de fr. 16.899.666.

M. Poirault, dans une intéressante étude faite à la suite de missions diverses aux Antilles, était déjà arrivé, il y a vingt ans, au chiffre de 1.166.185 hectol. pour la consommation et l'exportation des divers pays producteurs[1].

II. — Fabrication

§ 1. — Matières premières employées

La qualité du rhum dépend de la matière première employée, du mode de préparation, de fermentation et de distillation.

Les matières premières sont la mélasse de canne, le jus de canne à sucre cru (vesou) ou cuit (sirop de batterie), enfin la vinasse et le caramel.

La mélasse de canne résulte du turbinage des masses cuites de sucrerie; elle peut contenir de 30 à 40 % de saccharose et 20 à 35 % de sucres réducteurs; la vente se fait au volume et le prix suit la fluctuation des cours du rhum; le rhum de mélasse est plus corsé que le rhum de vesou qui est plutôt suave; lorsqu'on concentre ce dernier, on obtient un vesou plus riche en sucre, qui fournit des rhums qui gagnent énormément par le vieillissement en fût, ce qui les rapproche des bonnes eaux-de-vie de vin.

1. Poirault : Rhum et sa fabrication. Paris, Gauthier-Villars.

Les vinasses (vidanges) constituent les résidus de la distillation ; les Anglais leur donnent le nom de *dunder;* leur addition donne des rhums à arome plus corsé; toutefois celles du rhum de vesou sont, en général, plus acides. Cette acidité est surtout formée d'acides fixes : succinique, lactique, et d'acides volatils : formique, acétique. Leur emploi apporte donc l'acidité et il est considéré comme un moyen de lutter contre les mauvaises fermentations. La vinasse contient quelquefois des matières sucrées et, par sa richesse en potasse, acide phosphorique, azote, elle apporte des aliments utiles aux ferments alcooliques. Son refroidissement se fait par le passage à travers plusieurs bassins, au large contact de l'air. Souvent elle est encore trop chaude lors de son emploi et il en résulte un retard dans la fermentation; d'autres fois, eu égard au manque de soins pour sa conservation, la vinasse est très contaminée en microbes divers, et on comprend tout de suite que des proportions de 25 à 70 °/₀ dans la confection des moûts soumis à fermentation peuvent occasionner des fermentations très impures avec des rendements détestables.

Aussi sa réfrigération par des réfrigérants tubulaires est à recommander.

Le caramel sert à colorer le rhum à la sortie de l'appareil distillateur; sa préparation doit se faire avec beaucoup de soins ; il ne doit pas troubler le rhum ; chaque usine, chaque rhum a pour ainsi dire un type de coloration.

On distingue le rhum habitant et le rhum industriel. Le premier est obtenu à l'aide du vesou cru ou cuit dans les petites rhummeries agricoles : c'est le rhum du bouilleur de cru; la production journalière ne dépasse pas 400 à 600 litres pendant les deux tiers de l'année. Il est plutôt suave et il est, en général, consommé sur place; il n'arrive qu'exceptionnellement en France.

Le rhum industriel ou rhum de mélasse a un arome plus intense et il a une plus grande importance; il peut s'améliorer beaucoup par le séjour dans des fûts en chêne. Dans ce but, d'ailleurs, on se sert souvent de sauces contenant les substances les plus diverses : pruneaux bouillis, baume du Pérou, coques d'amandes, huile de cannelle, ammoniaque, brou de noix, etc.

§ 2. — Matériel et outillage

Dans les rhummeries agricoles, il se compose de moulins à cannes, de cuves de fermentation et des appareils à distiller. Si l'usine travaille le sirop de batterie, il faut, en outre, des chaudières spéciales pour concentrer le vesou déféqué au degré voulu; la bagasse (canne pressée) est employée comme combustible.

Dans les rhummeries industrielles, on trouve encore les réservoirs à mélasse, la fosse à composition des moûts, les réservoirs à vinasses, enfin une série de pompes et de moteurs.

La contenance des cuves de fermentation varie de 400 à 2.000 litres et peut atteindre jusqu'à 25.000 à 30.000 litres.

Comme appareils distillateurs, on a des appareils intermittents, employés dans les distilleries agricoles, et des appareils continus à 12-15 plateaux dans les grandes rhummeries.

Il convient de dire que les appareils intermittents donnent des produits avec plus d'arome; ce sont ceux qu'on emploie pour la production du rhum de vesou.

Ajoutons encore que l'arome est d'autant plus prononcé que la chaudière de l'appareil est petite; plus la chaufferie est grande, plus l'éthérification se fait mieux; d'ailleurs, la façon de conduire la distillation a également de l'importance.

A la Jamaïque on distille à 77°6, à la Trinidad à 81°, dans les colonies françaises à 55°; toutefois les rhums de la Guadeloupe, de la Réunion atteignent jusqu'à 59°-60°; ceux de la Guyane anglaise 80°-82°. On voit par là que les rhums ne sont pas rectifiés, ils conservent leurs substances volatiles aromatiques.

§ 3. — Composition du produit à fermenter

Celle du vesou comprend 65 à 70 % de vesou, 15 % d'eau et 15 °/₀ de vinasses; celle du rhum de mélasses varie un peu plus : 12 à 15 °/₀ de mélasses, 30 jusqu'à 70 °/₀ de vinasses et le complément en eau. Le tout est mélangé très intimement à l'aide d'un moulinet mécanique.

§ 4. — Fermentation

Elle était, en général, abandonnée au hasard; ce n'est que depuis les missions accordées à M. Poirault que les rhummeries ont commencé par comprendre tout l'intérêt qu'il y avait à obtenir des fermentations propres par l'emploi des levures sélectionnées; les découvertes de Pasteur font peu à peu du chemin, comme dans toutes les industries de fermentations; trop souvent les ferments acétiques prenaient le pas sur les ferments alcooliques. Aussi le rendement est-il sujet à de très grandes variations, non seulement comme richesse alcoolique, mais encore comme taux des autres produits que nous trouvons dans le rhum : éthers, furfurol, alcools supérieurs, aldéhydes, acides volatils (formique, acétique, butyrique, valérique), et même comme acides fixes provenant des additions effectuées après distillation : M. Lindet y a signalé la présence de bases organiques.

Cette richesse des rhums dépend forcément de la richesse des mélasses, qui peut atteindre en sucres totaux 63 à 64 °/₀ aux Antilles et seulement 50 à 52 °/₀ à la Réunion. Le ferment qui procède à la fermentation, la durée de cette dernière ont une grande importance. Ainsi, avec 100 litres de mélasses, on peut obtenir de 75 à 90 litres de rhum et au delà; les pertes, par suite de l'élévation de température dans les cuves de fermentation, peuvent être très élevées.

§ 5. — Composition du rhum

Elle est sujette aux plus grandes variations selon la matière première, le mode de fermentation, de distillation. La somme des produits volatils (l'alcool éthylique excepté) forme ce qu'on appelle le « coefficient non alcool » (impuretés).

Pour apprécier la qualité du rhum, on se guide d'après la dégustation et d'après le taux des impuretés; on a même essayé de classer les rhums d'après le coefficient non alcool.

Ainsi M. Bonis considère comme

	Coef. non Alc.
Rhums du type supérieur ceux à....	> 750
— moyen.....	< 550
— inférieur.....	< 450

Ces données sont complétées par les rapports $\frac{\text{Ethers}}{\text{Acides}}$, qui varient, en passant du type supérieur au type inférieur, de 0,93 à 0,57; on considère également le rapport $\frac{\text{Ethers}}{\text{Alc. supér.}}$.

M. Rocques, en comparant les différents éléments de rhums de la même région, trouve les *minima* et *maxima* suivants:

		Pour 100 d'Alcool à 100°
Acides volatils.	54,0	346,0
Ethers.....	47,0	498,0
Alcools supér...	36,0	338,0
Coef. N. Alcool.	301,0	910,0
$\frac{\text{Ethers}}{\text{Acides volat.}}$...	0,29	2,22
$\frac{\text{Ethers}}{\text{Alcools supér.}}$.	0,22	13,82

Ceci montre surtout quelle grande influence peuvent présenter les conditions de la fermentation, de la distillation, les ferments employés, etc.; l'harmonie existant entre ces divers composants est bien plus importante que la grandeur de tel ou tel d'entre eux.

Nous pouvons néanmoins ajouter que les rhums de vesou ont un coefficient non alcool plus faible (350 à 400) que les rhums de mélasse et que le rapport $\frac{\text{Ethers}}{\text{Alcools supér.}}$ est, en général, plus petit que l'unité pour eux.

III. — ÉTUDES SUR LA FERMENTATION

§ 1. — Fermentations pures et impures

Les grandes variations que nous venons de signaler sont souvent la conséquence de fermentations trop impures, où, à côté des levures alcooliques, on peut trouver de nombreux autres microorganismes apportés par la mélasse, les vinasses et les eaux (bâtonnets et coccus).

Parmi les ferments alcooliques, on trouve des levures hautes, des levures basses, des levures à voile, enfin des schizosaccharomycètes qui se reproduisent par scissiparité; selon que l'une ou l'autre espèce domine, le produit n'est plus le même.

Le rhumier cherche à se protéger contre les mauvais ferments par l'addition d'acide sulfurique, dont la dose ne devrait pas dépasser 1/2 pour mille, par l'addition de fluorure de sodium, et certes de ce chef la fermentation est souvent meilleure, mais la levure pure convenablement choisie peut seule donner des produits constants.

	Quantité °/₀ d'alcool à 100° Fermention spontanée	addition de 1 °/₀₀ d'ac. sulfur.	levure pure
	mmgs	mmgs	mmgs
Acid. volatils ...	490	219,1	81,2
Aldéhydes	10	8,4	15,4
Furfurol	0,5	0,5	0,3
Ethers	221,7	167,2	51,0
Alcools supér....	82,0	158,0	339,0
Coef. N. alcool..	804,2	553,2	486,9

Le taux total des impuretés est donc plus élevé dans la fermentation spontanée (levures, microorganismes divers); le taux des éthers et des alcools supérieurs varie dans l'exemple choisi en sens inverse; l'addition d'acide sulfurique a eu pour résultat de diminuer l'acidité volatile et de bonifier ainsi le produit.

§ 2. — Influence de l'addition de vinasses, de la dilution du ferment

Nous avons déjà dit que la vinasse apporte des aliments aux ferments alcooliques et de l'acidité plutôt nuisible aux autres microorganismes, mais il est nécessaire qu'elle ait été conservée dans des conditions de grande propreté et qu'elle n'ait pas subi des fermentations microbiennes.

Ensemençons un même moût mélassé avec la levure 1 (basse) et la levure 4 (*Schizosaccharomyces*); le témoin ne contient pas de vinasses,

dans les deux autres on a remplacé l'eau par 20 °/₀ et 40 °/₀ de vinasses.

	Liquide fermenté quantité par litre			
	Acidité volatile en acide acétique		Ethers en acétate d'éthyle	
	Lev. 1	Lev. 4	Lev. 1	Lev. 4
Témoin	0 gr. 218	0,254	0,053	0,044
Ad. de 20°/₀ de vinasse	0, 272	0,419	0,068	0,076
Ad. de 40 °/₀ de vinasse	0, 500	0,545	0,081	0,109

Nous constatons que les deux levures donnent des teneurs d'acides et d'éthers différentes.

Cette influence de la vinasse est confirmée par l'étude des eaux-de-vie obtenues ; on ensemence trois litres de moût mélassé avec une levure de rhum.

Le ballon A sert de témoin, le ballon B contient 50 °/₀ de vinasse, enfin le ballon C est dilué de moitié par l'addition d'eau.

	Quantités pour cent d'alcool à 100° en milligrammes		
	A	B	C
Acides volatils...	102,5	226,7	62,7
Aldéhydes.....	75,9	75,3	101,9
Furfurol.....	1,7	2,7	1,8
Ethers.....	272,5	248,6	154,9
Alcools supérieurs	48,0	43,5	78,9
Coefficient non alcool.....	500,6	596,8	400,2

Le rhum B a donc le coefficient d'impuretés le plus élevé ; par contre, la dilution l'a laissé au taux d'un rhum de vesou; les aldéhydes, les alcools supérieurs ont augmenté, mais il y a une éthérification moins forte.

Les nombreux travaux publiés ont appris combien les levures se différencient non seulement morphologiquement, mais surtout physiologiquement; les levures de rhum nous en fournissent un nouvel exemple.

Lorsqu'on ensemence un même moût mélassé avec une levure basse ou un schizosaccharomyces, retirés tous les deux de la même mélasse de canne, on voit que ce dernier donne un coefficient non alcool bien inférieur :

	Quantités pour cent d'alcol à 100° en milligrs.	
	Levure basse	Schizosaccharomyces
Acides volatils...	100,0	163,6
Aldéhydes.....	62,2	26,4
Furfurol	1,5	3,7
Ethers.....	44,9	34,2
Alcols supérieurs.	225,0	31,8
Coeff. non alcool.	433,6	259,7

La différence provient surtout de la faible teneur en alcools supérieurs produite par le Schizosaccharomyces; si nous faisons intervenir une levure à voile, nous obtiendrons des quantités d'éthers 20 à 25 fois plus élevées. Grâce à son emploi, il est facile de faire changer le taux des éthers : il suffit de varier la proportion de levure ensemencée ou de retarder le moment de son ensemencement. On produit ainsi des rhums plus ou moins éthérés. La combinaison de deux levures permet ainsi d'obtenir des liquides alcooliques très différents.

Lorsqu'on fait durer les fermentations plus ou moins longtemps, on constate que *le temps* a pour conséquence de faire *augmenter* le coefficient non alcool, par suite de l'augmentation des aldéhydes et des alcools supérieurs, lorsqu'il s'agit de fermentations *pures;* par contre, on constate l'augmentation des acides, des éthers, quelquefois des alcools supérieurs, lorsqu'il s'agit de fermentations *impures*.

Cette étude nous montre quel rôle important revient aux ferments agissant dans la fabrication du rhum ; elle nous apprend, en outre, qu'il convient d'être circonspect avant de conclure à un rhum de vesou ou de mélasses, et ceci d'autant plus que l'emploi des ferments sélectionnés commence à se propager peu à peu dans nos colonies.

Il suffit de faire un choix judicieux et un emploi rationnel du ferment, d'en connaître les propriétés et les exigences; leur mutiplication est facile grâce aux appareils de fabrication dont il existe de très bons dans le commerce.

Mais cette application des levures sélectionnées a comme corollaire d'observer partout la plus grande propreté, notamment dans la conservation de la mélasse, des vinasses, d'effectuer des nettoyages répétés de la tuyauterie, de la boiserie, des planchers, des murs, des fûts, à l'eau de chaux, à l'acide sulfurique, à la vapeur bouillante.

Nous pouvons ajouter que les rhummeries qui travaillent avec des levures sélectionnées obtiennent des produits de composition plus constante, souvent un coefficient non alcool faible, un meilleur rendement et, ce qui n'est pas à dédaigner, une *diminution notable de la durée de fermentation*, qui est tombée de quatre à cinq jours à trente-six heures.

E. Kayser,
Directeur du Laboratoire de fermentation
à l'Institut national Agronomique.

LA LOCALISATION DES PROJECTILES PAR LA RADIOGRAPHIE

SUIVANT LA MÉTHODE DU Dr GUILLOZ

Les méthodes radioscopiques de M. le Dr A. Béclère, appliquées au Val-de-Grâce par M. le Dr Lehmann et au Grand Palais par M. le professeur Debierne, donnent une localisation élégante et rapide des projectiles.

La méthode radiographique basée sur l'emploi du compas de M. Hirtz a donné à M. le Dr Ménard, de l'hôpital Cochin, qui lui-même a perfectionné ce compas, de très brillants résultats.

Malgré la perfection de ces méthodes et d'autres encore nées des besoins du moment, dont plusieurs ont déjà été décrites dans cette revue[1], nous croyons être utile aux radiologues en exposant la méthode de M. le Dr Guilloz, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Nancy.

Cette méthode relativement ancienne[2], qui a fait ses preuves, appliquée à la recherche des projectiles a déjà rendu d'éminents services.

La méthode consiste à rattacher le projectile à trois points de repère choisis sur le corps du blessé, par les distances rectilignes du projectile à ces trois points. Elle emploie, à cet effet, le calcul, qui lui donne la généralité, la rigueur et la précision. La méthode utilise comme intermédiaire deux projections coniques du corps étranger et des trois repères. Ces projections radiographiques, prises sur la même plaque photographique, sont transformées en projections orthogonales relatives à un trièdre de référence. Le calcul pratique très élémentaire des coordonnées du projectile et des repères est aisément compréhensible; il est d'ailleurs un simple intermédiaire qui permet d'obtenir les distances mutuelles des points.

Ultérieurement, l'intervention du chirurgien se trouve entièrement dégagée de la position occupée par le blessé durant les opérations radiographiques ; il n'a pas davantage à se préoccuper des calculs. Il choisira son point d'attaque librement et aisément à l'aide d'un compas rustique, mais souple et précis, qui lui servira de guide.

Pour faciliter la compréhension du calcul, nous rappellerons brièvement les deux principes mathématiques sur lesquels il repose.

1. Voir notamment : 15 janvier 1915, p. 5 ; 20 mars 1915, p. 193, et 15 juin 1915, p. 345.

2. Voir *Annales d'Electrobiologie*, juillet-août 1901, p. 470.

I. — Principes mathématiques

§ 1. — Equations de la droite joignant deux points de l'espace. — Distance de deux points

1° Soit (fig. 1) OXYZ un trièdre trirectangle, A un point de coordonnées (a, b, c) et B de coordonnées (l, m, n), M un point quelconque de AB

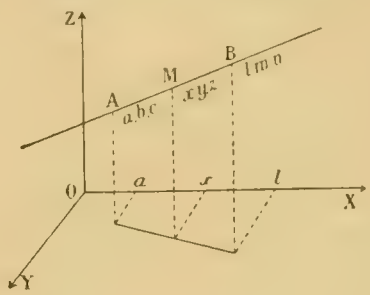


Fig. 1.

de coordonnées x, y, z. — Les projections sur OX des points A, B, M, sont définies par les contours de leurs coordonnées. Les trois plans Aa, Mx, Bl, sont parallèles à YOZ. Ils coupent AB et OX suivant des segments proportionnels :

$$\frac{AM}{AB} = \frac{ax}{al} = \frac{Ox - Oa}{Ol - Oa} = \frac{x - a}{l - a}.$$

En projetant de même les trois points A, B, M sur l'axe OY, on a pareillement :

$$\frac{AM}{AB} = \frac{y - b}{m - b}.$$

et sur OZ :

$$\frac{AM}{AB} = \frac{z - c}{n - c}.$$

En résumé :

$$(1) \quad \frac{x - a}{l - a} = \frac{y - b}{m - b} = \frac{z - c}{n - c}.$$

Ces relations segmentaires sont algébriques et conviennent à tous les cas de la figure. Elles forment les équations de la droite AB.

2° La géométrie montre que le carré de la diagonale d'un parallélipipède droit à base rectangle est égal à la somme des carrés des trois arêtes. D'autre part, si par A on mène des parallèles aux axes OX, OY, OZ, on peut construire sur ces parallèles un parallélipipède dont AM serait la diagonale. Les arêtes de ce parallélipipède sont égales aux projections de AM sur les axes respectivement parallèles OX, OY, OZ. Les valeurs algébriques de ces projections sont : sur OX,

$ax = x - a$, pareillement sur OY, $y - b$, et sur OZ, $z - c$, d'où :

$$\overline{AM}^2 = (x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2.$$

§ 2. — Transformation des projections biconiques en projections orthogonales

Soit (fig. 2) SF $= s$ le déplacement du centre de projection qui est parallèle à un plan fixe, celui de la plaque. Soit OZ un axe perpendiculaire à ce plan, OX un axe parallèle à SF dans le plan de la plaque, OY un axe perpendiculaire à XOZ et par suite dans le plan de la plaque. Le plan de la plaque n'est pas nécessairement horizontal. Soit M un point de l'espace, s sa projection conique de centre S, (a, b) les coordonnées de s dans le plan XOY; les coordonnées de s dans l'espace O, X, Y, Z, seront : (a, b, o). Celles de S sont : (o, o, h). Les équations de la droite Ss seront d'après les équations générales (1) :

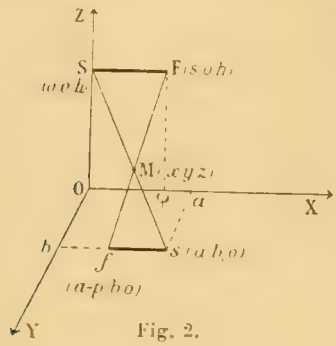


Fig. 2.

$$\frac{x}{a} = \frac{y}{b} = \frac{z-h}{-h} \quad (2).$$

Soit de même f la projection conique de F sur XOY; SF étant parallèle à OX du plan XOY, sf sera parallèle à OX. Si nous désignons la longueur sf par p, les coordonnées de f dans le plan XOY seront : $(a-p, b)$ et dans l'espace $(a-p, b, o)$. Celles de F seront : (s, o, h). D'après (1), les équations de la droite Ff seront :

$$\frac{x-s}{a-p-s} = \frac{y}{b} = \frac{z-h}{-h} \quad (2).$$

Les coordonnées x, y, z de M satisfont aux équations (1) et (2) qui donnent :

$$\frac{x}{a} = \frac{x-s}{a-p-s} = \frac{x-(x-s)}{a-(a-p-s)} = \frac{s}{p+s} = \frac{y}{b}.$$

D'où :

$$x = \frac{as}{p+s}; \qquad y = \frac{bs}{p+s}.$$

On a également :

$$\frac{s}{p+s} = \frac{z-h}{-h}.$$

Par suite :

$$\frac{s-(p+s)}{p+s} = \frac{z-h-(-h)}{-h}; \qquad \frac{-p}{p+s} = \frac{z}{-h}.$$

D'où :

$$z = \frac{ph}{p+s}.$$

En résumé, les coordonnées cartésiennes très simples du point M sont :

$$(M) \quad x = \frac{as}{p+s}, \quad y = \frac{bs}{p+s}, \quad z = \frac{ph}{p+s}.$$

Il faut remarquer que les projections s, f, peuvent se trouver dans un quelconque des quatre angles formés par OX, OY. Les nombres a, b, $a-p$, sont par suite algébriques. Il en sera de même pour x, y, z.

Si M est le projectile, on obtiendra sur la plaque, à l'aide d'éléments analogues, les coordonnées cartésiennes des trois repères A, B, C par le tableau :

$$(A) \quad x_1 = \frac{a_1 s}{p_1+s}, \quad y_1 = \frac{b_1 s}{p_1+s}, \quad z_1 = \frac{p_1 h}{p_1+s}$$

$$(B) \quad x_2 = \frac{a_2 s}{p_2+s}, \quad y_2 = \frac{b_2 s}{p_2+s}, \quad z_2 = \frac{p_2 h}{p_2+s}$$

$$(C) \quad x_3 = \frac{a_3 s}{p_3+s}, \quad y_3 = \frac{b_3 s}{p_3+s}, \quad z_3 = \frac{p_3 h}{p_3+s}$$

Détermination des distances :

$$\overline{MA}^2 = (x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2;$$
$$\overline{MB}^2 = (x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + (z-z_2)^2;$$
$$\overline{MC}^2 = (x-x_3)^2 + (y-y_3)^2 + (z-z_3)^2;$$

En extrayant les racines carrées, on a :

$$MA = \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2}$$

et pareillement MB et MC. On a finalement une vérification en calculant pareillement les distances AB, AC, BC, qu'on peut d'autre part mesurer directement sur le sujet.

On peut ainsi fixer l'approximation sur laquelle on peut compter. Elle est de l'ordre des mesures expérimentales.

La méthode a permis de rechercher des corps métalliques intra-oculaires dont le poids ne dépassait pas un quart de milligramme.

La recherche des projectiles sera en général, vu la dimension des objets à rechercher, beaucoup plus facile à effectuer par la même méthode.

II. — Opérations radiographiques

§ 1. — Réglage de l'ampoule

Un cylindre creux en cuivre (opaque aux rayons), de 2 cm. de hauteur et 4 cm. de diamètre, portant deux fils de plomb croisés en R dans un plan de section droite, suivant deux diamètres rectangulaires, formant ainsi un réticule, est susceptible d'être invariablement lié à l'ampoule à l'aide de trois tiges d'aluminium. On règle une fois pour toutes le cylindre de manière que son axe passe par le centre d'émission des rayons. L'axe du cylindre doit, de plus, être normal à la plaque ; on réalisera cette condition en déplaçant l'ampoule de manière à amener la base inférieure

du cylindre provisoirement en contact avec la plaque. Dans le relèvement de l'ampoule, la base du cylindre se déplacera parallèlement à elle-même, le mouvement général étant une translation. Enfin, les liaisons du pied qui porte l'ampoule permettront de s'assurer que le déplacement du centre d'émission se fera parallèlement à la plaque. On remarquera encore ici que le plan de la plaque peut *n'être pas horizontal*. Toutes les conditions du calcul sont remplies.

§ 2. — Prise des repères

La position approximative du projectile étant déterminée par une radioscopie préliminaire, on

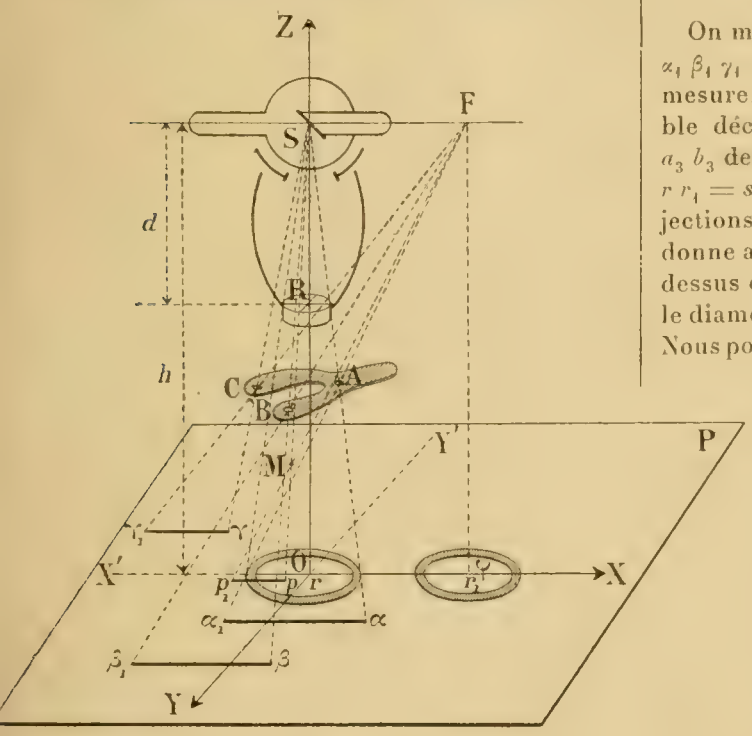


Fig. 3.

placera sur la peau du blessé, dans la région convenable repérée par la radioscopie, une fourche en plomb à trois branches, de deux millimètres d'épaisseur, ayant la forme représentée sur la figure 3.

La fourche est flexible, et peut se modeler exactement sur la peau. Trois trous circulaires seront les repères A B C. On les marquera sur la peau au thermocautère, pour replacer facilement la fourche au moment de l'opération.

§ 3. — Radiographie

On prend suivant l'usage habituel les deux radiographies de centre S et F, successivement sur la même plaque.

On observera que, si la section droite de ce cylindre est bien parallèle à la plaque, autrement dit si le réglage est bon, les ombres diffuses du cylindre sont, chacune, circulaires et de même dimension. Supposons ces conditions remplies; alors les projections du point de croisée des fils du réticule nous donnent les projections orthogonales des centres d'émission sur la plaque ; en les joignant par un trait, on aura l'axe OX des abscisses et on pourra tracer l'axe OY perpendiculaire. Enfin, si le blessé n'a pas bougé, la droite $\alpha\alpha_1$ qui joint les projections de A devra être parallèle à OY. Les droites analogues pp_1, $\beta\beta_1$ et $\gamma\gamma_1$, seront également parallèles à OX.

§ 4. — Mesures sur la plaque

On marque un point sur la gélatine, en $\alpha\,\beta\,\gamma\,m$, $\alpha_1\,\beta_1\,\gamma_1\,m$, r et r_1, on trace les axes OX, OY et on mesure, en se servant d'un compas et d'un double décimètre, les coordonnées $a\,b$, $a_1\,b_1$, $a_2\,b_2$, $a_3\,b_3$ des points m, α, β, γ. On mesure de même $r\,r_1 = s$ et les déplacements p, p_1, p_2, p_3 des projections respectives de M, A, B, C. La plaque donne aussi la hauteur h du centre d'émission au dessus de la plaque. Nous connaissons, en effet, le diamètre s du cylindre. Soit d la distance RS. Nous pouvons mesurer le diamètre extérieur d'un anneau de projection. Deux triangles rectangles semblables donnent alors :

$$\frac{h}{d} = \frac{\Delta}{\delta}, \text{ d'où } h = \frac{d\,\Delta}{\delta},$$

qui donne h, car d est déterminé à l'avance une fois pour toutes, et si l'ampoule reste réglée comme on l'a dit.

En résumé, la plaque donne tous les chiffres nécessaires au calcul, y compris s et h.

§ 5. — Calcul des distances

Ce calcul peut être fait par un élève d'école primaire. Il ne comporte que des multiplications et divisions de nombres de deux ou trois chiffres pour le calcul des coordonnées.

Pour le calcul des différences $x - x_1 \ldots$, on peut remarquer que, si x et x_1 sont algébriques, il suffit d'avoir la valeur absolue de $x - x_1$ qu'on va élever au carré; si x et x_1 sont de mêmes signes, la valeur absolue de $x - x_1$ est la différence arithmétique des valeurs absolues de x et de x_1 ; si x et x_1 sont de signes différents, la valeur absolue de $x - x_1$ est égale à la somme des valeurs absolues de x et x_1. Le calcul des carrés et des racines se fera très vite et aisément à l'aide d'une table.

Enfin remarquons que l'usage de la règle à calcul réduit l'ensemble à quelques additions et soustractions et donne une approximation qui

est de l'ordre des mesures expérimentales, de même ordre que l'approximation des calculs effectués avec une table de logarithmes à trois décimales.

Rappelons qu'on a mesuré sur le blessé les distances rectilignes AB, BC, CA des repères, et qu'on a pu mesurer aussi *h*. Ces mesures permettent de contrôler les calculs et réciproquement.

§ 6. — Description du compas

Tous les compas localisateurs des radiographes sont basés sur le principe du compas à 4 branches des sculpteurs. Ils diffèrent par la réalisation mécanique des mouvements des 4 branches (compas de Remy et Contremoulin, de Guilloz[1], Massiot et Hirtz, repéreur Marion-Danion). Le

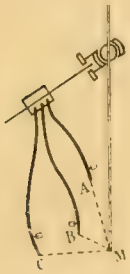


Fig. 4.

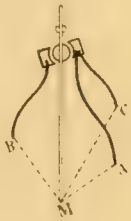


Fig. 5.

Fig. 6.

Dr Guilloz a utilisé son premier compas pour des recherches de corps métalliques intra-oculaires et de projectiles intra-craniens. Pour la recherche des projectiles, il a imaginé un nouveau compas à 4 branches, rustique et souple, facile à construire et d'un prix modique, ce qui permettra de le répandre facilement.

Le mécanisme du premier est remplacé par trois branches déformables, sans effort trop marqué, et sans risque de rupture. Ces branches sont soudées entre elles à une extrémité formant ainsi la tête du compas. Les extrémités libres des branches pourront, en réglant à la main leur écartement, s'engager dans les trois trous de la fourche pris comme repères. Les tiges sont marquées A, B, C ou bleu, blanc, rouge, pour la suite des opérations. L'aiguille indicatrice forme la quatrième branche du compas. Elle passe à frottement doux dans un canal cylindrique, creusé dans une sphère. L'axe du cylindre passe par le centre de la sphère, laquelle tourne librement dans deux mâchoires sphériques, ce qui permet de faire tourner l'aiguille indicatrice autour du centre de la sphère. La pièce qui porte les machoires tourne à volonté autour de l'axe d'une tige rectiligne, qui elle-même peut glisser à frottement doux dans la tête du compas. Tous ces mouvements, qui peuvent être arrêtés par des vis de pression, donnent à l'aiguille indicatrice une liberté surabondante qui lui permet de prendre, dans un champ assez vaste, toutes les positions.

Dans un second modèle plus simple, le mouvement de l'aiguille indicatrice est guidé seulement par un joint sphérique porté par la tête du piston. Dans un troisième modèle, le joint sphérique même est supprimé. La tige glisse dans un tube cylindrique creusé dans la tête du compas, et la flexibilité des branches est employée pour sa mise en place.

Le compas est complété par trois fils métalliques, réunis à une extrémité par un petit anneau et susceptibles de passer dans de petits canaux qui s'ouvrent aux extrémités A, B, C, du compas. On mesure sur ces fils *bleu*, *blanc*, *rouge*, des distances égales aux distances calculées MA, MB, MC, et on arrête ces fils en A, B, C à l'aide de petits tambours à pression, de manière que les fils tendus donnent une représentation exacte du tétraède M A B C. Si alors on tend les fils en engageant l'aiguille indicatrice dans l'anneau M, celle-ci marquera la position relative du projectile M par rapport aux repères A, B, C. Les quatre tiges mises en place, par déformation, sont cependant assez rigides pour constituer un système indéformable pour les opérations consécutives. Pour extraire le projectile, on replacera la fourche sur le patient, et le compas sur la fourche. On devra pour cela retirer l'aiguille indicatrice pour l'amener en contact avec la peau du patient. Le chirurgien a l'indication d'un point d'attaque, et le retrait de l'aiguille indique la profondeur à laquelle se trouve le projectile. La souplesse du compas permet d'ailleurs de faire varier le point et la direction de l'attaque; enfin la profondeur peut être marquée sur l'aiguille indicatrice par un repère.

Pour l'opération, l'aiguille indicatrice sera remplacée avantageusement par l'aiguille électrique de Guilloz pour la recherche des corps étrangers.

§ 7. — Exemple.

Détermination relative à un éclat localisé dans le poumon droit. A l'examen radioscopique, le malade debout, l'éclat apparaît à 4 centimètres environ de la colonne vertébrale dans un plan horizontal passant par l'omoplate. La radiographie est prise le malade couché, le ventre sur la plaque, l'opération devant être faite sur la face postérieure du sujet. Les éléments mesurés sur la plaque sont : la distance des images de source $s = 67$ millimètres et les éléments a, b, p, relatifs

1. Mentionné dans les *Annales d'Electrobiologie* de 1901, p. 484. — Décrit complètement avec figure dans le Traité de de Radiologie médicale de M. Bouchard, p. 990.

aux sommets du tétraède et donnés par le tableau (I) en millimètres.

I)	M	A	B	C
a	40,5	11	12	100
b	2,8	17	45	2
p	19,5	34	33	28

Pour correspondre avec le cliché
M Eclat
A Repère 2
B — 3
C — 5

On connaît la distance de la source au plan réticulaire $d = 300$ mm ; on peut alors calculer $h = 600$ mm. et à l'aide des formules on a obtenu les coordonnées cartésiennes données par le tableau (II) en mm.

II)	M	A	B	C
x	31,3	7,3	8,04	70,5
y	21,6	11,2	—30,15	1,4
z	135,2	202	198	177

Ces coordonnées donnent les distances calculées, qu'on peut rapprocher des distances mesurées ; on a ainsi le tableau (III) :

III) Pour vérification				
	Distances calculées	AM $71^{mm}7$	BM $84^{mm}7$	CM $60^{mm}8$
	Distances calculées	AB $41^{mm}6$	BC 73,1	CA 68,7
	mesurées	41,0	71,5	68

On remarquera que, dans le cas choisi, l'éclat et les repères sont très éloignés de la plaque. Cette circonstance est particulièrement défavorable : les images des repères sont moins nettes, ces repères étant pris de dimension assez grande pour avoir des projections très visibles.

On objectera peut-être que le trièdre MABC peut également se construire au-dessus du plan ABC. En pratique, cela ne peut être que tout à fait exceptionnel. Le repérage approximatif étant fait, s'il y avait le moindre doute, le calcul permettrait de trancher la question. Si M et O sont par rapport au plan dans la même région, la fonction premier membre de l'équation du plan prend le même signe quand on y remplace les coordonnées courantes par celles de M, puis de O. Cette fonction prend des signes différents dans le cas contraire.

E. Stock,

Professeur de Mathématiques
à l'Ecole Professionnelle de l'Est
et à l'Ecole Supérieure de Commerce,
Chargé de la Radiographie à l'E. P. E.

REVUE DE BOTANIQUE

I. — Morphologie

Les conceptions actuelles de la morphologie végétale reposent avant tout sur la doctrine de la métamorphose. Le polymorphisme des organes végétaux n'est autre chose qu'un modelage varié à l'infini de quelques formes fondamentales très peu nombreuses, et d'une plasticité telle qu'il suffit d'un changement dans les conditions d'existence ou d'une adaptation à une nouvelle fonction pour provoquer un changement de forme, une métamorphose. Et cette métamorphose est réelle et non point spéculative, comme le croyait Goethe. Il ne s'agit point, par exemple, d'une feuille idéale, ni même d'un rudiment foliaire indifférent qui ici se transforme en vrille et là en écaille ; il s'agit d'une feuille qui ébauche réellement les caractères que lui impose son hérédité et qui, changeant de fonction dans le cours de son développement, change aussi sa forme primitive. Les exemples ne manquent pas d'organes modifiant sous nos yeux leur forme en même temps que leur fonction. Dans l'Erable Faux-Sycomore, les écailles des bourgeons, si différentes pourtant des feuilles adultes, ébauchent des limbes qui disparaissent ensuite. Dans le Lis blanc, les feuilles inférieures fonctionnent d'abord comme des feuilles assimilatrices ordinaires ; plus tard, la base de ces feuilles se renfle et se métamorphose en une écaille gonflée de réserves nutritives, tandis que le sommet périt. C'est également une métamorphose que l'on surprend sur le fait dans une Combrétacée grimpante, le *Quisqualis chinensis*, où des parties des feuilles ordinaires changent leur forme et deviennent des crochets solides et ligneux fonctionnant comme des vrilles, tandis que le limbe foliaire disparaît. Ainsi comprise, la morphologie devient, suivant l'expression de Massart, l'étude de la filiation des organes, l'image du développement phylogénétique et des transformations survenues dans le cours des temps. Et, en fait, l'évolution de la feuille et de la tige est aujourd'hui suffisamment connue ; seule l'histoire de la racine, qui apparaît brusquement

chez les Cryptogames vasculaires, reste complètement énigmatique.

Métamorphose florale. — S'il est un organe auquel la théorie de la métamorphose foliaire semblait s'appliquer sans réserve, c'était bien la fleur. Cette doctrine, édifiée sur la considération exclusive des Angiospermes, et à une époque où les relations des Phanérogames et des Cryptogames n'étaient même pas soupçonnées, considérait la fleur comme un rameau feuillé métamorphosé. Mais une telle conception n'est plus en harmonie avec les progrès de nos connaissances sur la filiation des Cryptogames et des Phanérogames, et Bower[1], le savant professeur de l'Université de Glasgow, qui poursuit depuis longtemps des travaux estimés sur la morphologie des membres producteurs de spores, s'est attaché à reviser la théorie de l'origine de la fleur et à montrer qu'elle ne pouvait être considérée comme le résultat de la métamorphose d'une pousse végétative. Le cycle vital de toute plante vasculaire, qu'il s'agisse d'une Cryptogame vasculaire ou d'une Phanérogame, comprend une phase de propagation, c'est-à-dire une phase de formation de spores aussi importante, aussi nécessaire que la phase végétative et aussi ancienne, car les plantes vasculaires fossiles n'échappent pas à cette loi. S'il en est ainsi, l'origine de la fleur et notamment l'origine de ses parties essentielles, c'est-à-dire de ses organes sporangifères, étamines et carpelles, ne saurait être attribuée à une innovation, à une apparition survenue dans le cours de l'évolution, superposée à une phase végétative préexistante et formée à ses dépens.

Peu importe d'ailleurs que l'appareil végétatif apparaisse dans la plupart des cas avant l'appareil floral.

On fut amené à la suite de ces considérations à renverser la proposition de Goethe; la plante aurait été à l'origine sporifère dans toute son étendue, et c'est par une stérilisation de certaines de ses parties que l'appareil végétatif aurait pris naissance. Ces parties stérilisées se seraient consacrées à la seule nutrition; en fait, des stérilisations analogues ont été obtenues expérimentalement avec des feuilles de Fougères et elles sont de même ordre que la transformation des étamines en pétales ou des carpelles en feuilles vertes.

Rien ne prouve que cette théorie de la stérilisation ne représente pas l'ultime vérité. Mais, dans l'état présent, nous ne sommes pas capables de voir aussi loin que l'origine première de l'appareil végétatif et de l'appareil reproducteur. Une autre vue qui ne soulève pas les questions d'origine a été suggérée à Bower par la considération des plantes vasculaires les plus simples. La pousse feuillée de ces plantes ne présente pas de spécialisation; chacune des parties y remplit toutes les fonctions. A mesure que l'on s'élève dans la série, la différenciation intervient, et les deux fonctions reproductrice et nutritive sont accomplies par des régions diverses de la pousse. Deux plantes illustrent bien cette manière de voir : la Fougère mâle et la plante à massues, le *Lycopodium Selago*. Dans la première, le rhizome porte des feuilles toutes semblables entre elles, larges et abondamment ramifiées, et toutes sont fertiles, quand la plante est bien nourrie; quand elles sont jeunes, elles protègent le bourgeon terminal, et quand elles sont adultes, elles assurent à la fois la nutrition et la propagation. Ces trois fonctions : protection, nutrition, propagation, sont remplies chez les Phanérogames par des feuilles différentes. Mais déjà, chez les Fougères, on constate une indication dans la séparation des fonctions; dans le *Blechnum spicant*, les feuilles fertiles et les feuilles stériles, quoique fondamentalement semblables, diffèrent par leur contour; et dans l'Osmonde royale certaines feuilles rudimentaires servent uniquement à la protection. Ces faits confirment donc l'hypothèse de la spécialisation des divers segments de la pousse.

Dans le *Lycopodium Selago*, la démonstration est plus claire : la tige porte de petites feuilles toutes semblables; elle paraît uniforme dans toute son étendue, bien qu'elle soit divisée en zones successives alternativement stériles et fertiles. Dans la zone fertile, chaque feuille porte un sporange à son aisselle; dans la zone stérile, les sporanges sont absents; mais à la limite des zones fertiles on trouve des sporanges avortés et accidentellement des sporanges isolés dans les zones stériles. Les deux fonctions nutritive et reproductrice ne sont donc que partiellement séparées dans cette plante. Mais, dans la majorité des Lycopodiacées, les sporanges sont condensés avec les feuilles qui les portent au sommet de la tige en forme de cône ou de strobile. Ces cônes sont les prototypes de la fleur, tandis que les régions stériles représentent le feuillage des plantes supérieures. La fleur n'est pas le résultat de la métamorphose d'une pousse feuillée; il est plus probable que pousse feuillée et fleur proviennent d'une origine commune. S'il y a eu métamorphose, elle a sans doute consisté en la

1. F. O. Bower : The origin of a land flora. A theory based upon the facts of alternation. In-8°, XI, 727 pages, 361 fig. Macmillan and C°, London, 1908. — Id. : Plant-life on land considered in some of its biological aspects. In-12, 172 p., 27 fig. Cambridge : at the University Press, 1911.

transformation de feuilles fertiles en feuilles stériles par avortement des sporanges. C'est l'explication précisément opposée à celle que Gœthe désignait sous le nom de métamorphose progressive et que Bower propose de remplacer par celui de stérilisation. La découverte récente des fleurs des Bennettitées fossiles justifie cette hypothèse. Ces plantes, comme les Cycadées actuelles auxquelles elles se rattachent, avaient de nombreux caractères de Fougère, mais elles produisaient des graines; le fait le plus important au point de vue qui nous occupe est le caractère filicéen de leurs feuilles staminales. Quant au calice et à la corolle, ils ont des origines différentes : le calice provient de bractées adaptées à la protection de la fleur et la corolle provient certainement dans certain cas d'étamines détournés de leurs fonctions.

II. — La cellule

Les Mitochondries. — L'attention des histologistes se concentre actuellement sur de petits corps figurés qui paraissent être des constituants normaux du protoplasma et que l'on nomme des mitochondries ou des chondriosomes. Découverts depuis 1886 chez les animaux, ils ont été décrits pour la première fois en 1904 chez les végétaux par Meves [1], dans le tapis des jeunes anthères de *Nymphæa alba;* les cellules de ce tapis contiennent de nombreuses vacuoles, un ou deux noyaux et en outre de nombreux filaments, allongés et irrégulièrement enroulés, colorables par l'hématoxyline au fer. Dans la plupart des cellules, ces filaments sont concentrés en une ou deux places sous forme de nodosités et Meves ajoute que, par leur aspect et leur coloration, ces filaments ne diffèrent pas des mitochondries des cellules animales. A partir de ce moment, les mitochondries ont été signalées par de nombreux auteurs dans les plantes et les organes les plus divers; la bibliographie déjà chargée de cette question a été mise au point avec beaucoup de soin par Guilliermond [2], Schmidt [3] et Cavers [4]. L'année 1910 marque une étape importante dans la connaissance des mitochondries végétales; c'est la date d'apparition de trois travaux qui forment encore aujourd'hui la base de nos connaissances sur ce sujet et qui sont dus respectivement à Lundegard [1], à Lewitsky [2] et à Pensa [3].

Par plusieurs méthodes appliquées à l'étude des sommets des racines de *Vicia Faba* sur des objets fixés ou vivants, Lundegard arrive à cette conviction qu'une partie tout au moins des structures décrites comme des mitochondries sont des plastides déformés par l'action des fixateurs et par conséquent des produits artificiels. Mais les critiques de Lundegard perdent une grande partie de leur valeur devant les beaux travaux de Lewitsky et de Pensa, qui orientent dans une direction toute nouvelle les investigations sur les mitochondries. L'un et l'autre sont arrivés indépendamment à des résultats concordants. Les mitochondries ne sont pas des artifices de préparation ; on ne les rencontre pas dans le noyau et elles ne proviennent pas de lui ; elles se multiplient par division ; au moment de la division des cellules somatiques, elles se rassemblent aux pôles du fuseau, tandis que, dans la division des cellules mères du pollen, elles forment un manteau autour du fuseau sans atteindre les pôles. Mais le résultat le plus remarquable obtenu par ces savants est la preuve que les mitochondries se transforment en leucites et chloroleucites ; à mesure que la cellule vieillit, le nombre des mitochondries diminue et celui des leucites augmente. Durant les années 1911 et 1912, Guilliermond [4] a publié une série de recherches sur le rôle des mitochondries comme précurseurs des leucites et il a confirmé et étendu les résultats obtenus par Lewitsky et Pensa.

III. — Physiologie de la nutrition

1. *Respiration.* — Le mécanisme de la combustion respiratoire reste toujours l'une des grosses préoccupations des botanistes; cette combustion, qui porte exclusivement sur les principes

1. F. Meves : Ueber das Vorkommen von Mitochondrien bezw. Chondriomiten in Pflanzenzellen. *Ber. d. deutsch. bot. Ges.*, t. XXII, pp. 284-286; 1904.

2. A. Guilliermond : Recherches cytologiques sur le mode de formation de l'amidon et sur les plastes des végétaux. *Arch. Anat. microsc.*, t. XIV, pp. 309-428, 6 pl. ; 1912.

3. E. W. Schmidt : Pflanzliche Mitochondrien. *Prog. rei bot.*, t. IV, pp. 163-181 ; 1912. — Id. : Neuere Arbeiten über pflanzliche Mitochondrien. *Zeitsch. f. Bot.*, t. IV, pp. 707-713 ; 1912.

4. F. Cavers : Notes on recent litterature. Chondriosomes (Mitochondria) and their significance. *The new Phyt.*, t. XIII, pp. 96-106 et 170-180 ; 1914.

1. H. Lundegard : Ein Beitrag zur Kritik zweier Vererbungshypothesen. *Jahr wiss. Bot.*, t. XLVIII, pp. 285-378 ; 1910.

2. G. Lewitsky : Ueber die Chondriosomen in pflanzlichen Zellen. *Ber. deutsch. Bot. Ges.*, t. XXIX, pp. 538-546 ; 1910 — Id. : Vergleichende Untersuchungen über die Chondriosomen in lebenden und fixierten Pflanzen. *Ibid.*, t. XXIX, pp. 685-696. — Id. : Die Chloroplastanlagen in lebenden und fixierten Zellen von Elodea canadensis. *Ibid.*, pp. 697-703.

3. A. Pensa : Alcuni formazioni endocellulari dei vegetali. *Anat. Anz.*, t. XXXVII, pp. 325-333; 1910. — Id. : Osservationi di morfologia e biologia cellulare nei vegetali. *Arch. f. Zellforsch.*, t. VIII, pp. 612-663; 1912.

4. A. Guilliermond : Nombreuses publications dont la plus importante est : Recherches cytologiques sur le mode de formation de l'amidon et sur les plastes des végétaux (leuco-, chloro-, et chromoplastes). *Arch. d'Anat. microsc.*, t. XIV, pp. 309-428, 6 pl. ; 1912.

hydrocarbonés, se produit à une température à laquelle ces combinaisons ne sont pas attaquées par l'oxygène moléculaire et elle est inexplicable par les lois ordinaires de la Physique et de la Chimie. On a dû avoir recours à des hypothèses fondées en partie sur la notion très complexe des oxydases. L'explication qui rallie aujourd'hui la majorité des botanistes admet dans la respiration végétale deux processus successifs : l'un primaire ou respiration anaérobie, et l'autre secondaire ou respiration aérobie. La respiration anaérobie s'effectue par l'intermédiaire de substances qui, agissant sur les principes organiques et notamment sur les sucres, transforment ces combinaisons difficilement oxydables en produits facilement oxydables. En l'absence de l'air atmosphérique, la respiration anaérobie conduit à la formation d'alcool ou d'autres produits tels que les acétones. Les processus secondaires de la respiration, ou respiration aérobie, sont bien plus compliqués; ils entrent dans la catégorie des phénomènes dits de combustion lente ou d'auto-oxydation.

Cette théorie de l'auto-oxydation de Bach-Engler admet que l'oxygène moléculaire se fixe sur des substances auto-oxydables, ou « auto-oxydateurs », sous forme de peroxydes ; ceux-ci sont en état d'oxyder le combustible respiratoire, ou accepteur, qui n'est pas oxydable par l'oxygène moléculaire. En même temps, le peroxyde instable repasse à l'état d'oxyde. Si l'oxyde formé est instable vis-à-vis de l'accepteur, la réaction se continue indéfiniment; l'auto-oxydateur régénéré reforme au contact de l'air le peroxyde instable et transporte sans cesse l'oxygène sur l'accepteur. Ces réactions dites couplées, formées de la succession de réactions d'oxydation et de réactions de réduction, rappellent les réactions de catalyse où l'oxygène moléculaire est l'acteur, et l'auto-oxydateur l'inducteur. Les oxydations physiologiques ne seraient pas autre chose qu'un système de réactions couplées où l'excitateur caché serait représenté par les oxydases.

Que sont ces oxydases ? Pour Bertrand, ce seraient des substances de la nature de la laccase qu'il a extraite du suc laiteux de l'arbre à laque ; la laccase oxyde *in vitro* certains corps aromatiques avec fixation d'oxygène et dégagement de gaz carbonique, comme dans une véritable respiration. Comme on trouve dans les cendres de la laccase une proportion notable de manganèse, Bertrand attribue à la présence de ce métal l'action principale dans le phénomène de l'oxydation. Le manganèse à l'état d'hydrate manganeux joue le rôle d'auto-oxydateur et fixe l'oxygène de l'air sous la forme d'un peroxyde instable qui cède ensuite son oxygène à l'accepteur. Pour Bach et Chodat, l'oxydation de l'accepteur par l'oxygène de l'air n'est pas directe; il existe dans les tissus végétaux une substance de nature protéique, l'oxygénase, capable de fixer l'oxygène à l'état moléculaire; l'oxygénase est à son tour décomposée par une autre substance, la peroxydase, avec production d'oxygène actif. Les oxydases de Bach et Chodat sont ainsi des mélanges d'oxygénases et de peroxydases.

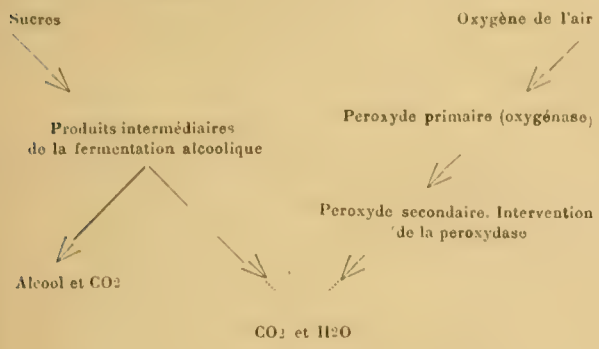
Si ces hypothèses sont correctes, les oxydases devront se rencontrer dans tous les organismes végétaux; mais beaucoup de plantes se sont montrées dépourvues d'oxydases. Dans ce cas, les explications précédentes devraient être abandonnées, ou du moins profondément modifiées. Pour Reed [1], qui récemment a repris la question, l'absence prétendue d'oxydases est attribuable à une faute de technique ; les extraits obtenus en broyant les tissus, dans les cas où ils paraissent dépourvus d'oxydases, ont une réaction acide qui paralyse les oxydases. L'acide et la diastase sont séparés dans les tissus ; en broyant les organes, acide et oxydase viennent au contact. En évitant, par une technique appropriée, cette cause d'erreur, on arrive à mettre en évidence les oxydases dans les plantes qui passaient pour en être dépourvues, et il ne semble pas improbable que ces substances se rencontrent dans tous les organismes végétaux.

La réalité des oxydases étant admise, le problème de la respiration végétale n'est pas encore résolu. Il reste à déterminer quel est le combustible qui est brûlé par l'oxygène activé, quelle est la forme de l'accepteur. Est-ce l'alcool éthylique, produit ultime de la fermentation, ou bien les produits intermédiaires de cette fermentation ? Kostytschew [2] et bien d'autres ont publié à ce sujet des travaux importants. La fermentation alcoolique des graines de pois a été particulièrement étudiée. En l'absence d'oxygène, il se produit, d'après Godlewski et Polzeniusz, une fermentation énergique. La zymase y reste active dans les graines tuées par le froid, même en présence de l'oxygène. Polowzow et Mazé croient que les graines de pois vivantes, en présence de l'air, produisent normalement une fermentation alcoolique. Mais les recherches de Kostytschew ont montré que les graines de pois

1. G. B. Reed : The oxydases of acid tissues. *Bot. Gaz.*, t. LVII, pp. 528-530; 1914.

2. S. Kostytschew : Physiologisch-chemische Untersuchungen über die Pflanzenatmung. *Trav. de la Soc. imp. des nat. de Saint-Pétersbourg*, t. XLII, série 3, section de botanique, pp. 1-112 (en russe, résumé en allemand), 1911.

intactes en présence de l'air ne forment que des quantités insignifiantes d'alcool et que les graines pelées ne produisent aucune trace d'alcool en présence de l'air. Les graines et les plantules de blé ne provoquent de même aucune oxydation de l'alcool en présence de l'air, et la production de gaz carbonique n'y est pas influencée par l'alcool. Ces faits prouvent, d'après Kostytschew, que, dans la respiration aérobie, l'alcool n'est pas brûlé en gaz carbonique et en eau ; l'alcool n'est donc pas un produit intermédiaire de la respiration en présence de l'oxygène. Les quantités insignifiantes d'alcool trouvées par quelques observateurs dans diverses plantes sont dues à un affaiblissement temporaire des processus d'oxydation, qui a permis aux produits intermédiaires labiles de la fermentation alcoolique de passer à la forme stable d'alcool et de gaz carbonique. En dehors de ces circonstances, les produits intermédiaires de la fermentation alcoolique sont brûlés comme ils le sont par la peroxydase extraite des graines de blé en présence de l'eau oxygénée. On peut donc représenter par le schéma suivant la respiration des plantes :



Ainsi l'absorption d'oxygène n'est que la première étape de la respiration et elle ne peut servir de mesure à l'énergie respiratoire. De nombreux processus d'oxydation et de réduction ne tendent pas à une oxydation directe du combustible respiratoire. Palladin a trouvé, dans les tissus des plantes, des substances qu'il désigne sous le nom de phytohématine, analogue à l'hémochromogène du sang, et qui ne peuvent être oxydées que par l'oxygène actif. Les chromogènes oxydés servent de réserves d'oxygène comme l'oxyhémoglobine du sang. On ne connaît pas jusqu'à présent la nature chimique des produits intermédiaires de la fermentation brûlés dans la respiration.

2. *Assimilation chlorophyllienne.* — Le problème en apparence si simple de la synthèse chlorophyllienne devient de plus en plus complexe, et des travaux récents font intervenir dans sa réalisation des facteurs jusqu'ici insoupçonnés, la lumière ultra-violette et le fer colloïdal. La même année, en 1910, Daniel Berthelot et Gaudechon d'un côté, Stoklasa et Zdobnicky de l'autre, annonçaient qu'ils avaient pu par des procédés différents réaliser, en l'absence de la chlorophylle et sous l'influence de la lumière ultra-violette, la synthèse de l'aldéhyde formique, considérée, on le sait, comme la première étape de la synthèse des hydrates de carbone.

D. Berthelot et Gaudechon[1] ont obtenu d'abord la synthèse de la vapeur d'eau par simple présence de ses éléments dans un tube exposé aux rayons actiniques ; mais, si l'action en est trop prolongée, cette vapeur d'eau se décompose en présence d'oxyde de carbone, pour produire d'abord un mélange d'acide carbonique, d'oxyde de carbone et d'hydrogène, qui donnera à son tour au bout de quelques heures de l'aldéhyde formique. Une exposition de 13 heures d'oxyde de carbone et d'hydrogène suffit pour produire l'aldéhyde formique. Les auteurs ont même réalisé la synthèse des composés quaternaires, des amides. Le plus simple, l'amide formique $HCONH^2$, prend naissance par l'union à volumes égaux de CO et NH^3.

Stoklasa, Zdobnicky et Sebor[2] ont annoncé, de leur côté, qu'ils avaient réalisé la synthèse de l'aldéhyde formique en faisant agir les rayons ultra-violets sur le gaz carbonique et l'hydrogène à l'état naissant, suivant la réaction :

$$2CO^2 + 2H^2 = 2CH^2O + O^2.$$

En présence de la potasse, l'aldéhyde formique se condense et produit des sucres. Les trois conditions : lumière ultra-violette, hydrogène naissant, présence de la potasse ou de l'un de ses composés, sont nécessaires pour s'élever jusqu'à la production des hydrates de carbone. En l'absence des rayons ultra-violets, l'hydrogène naissant n'a pas le pouvoir de transformer le gaz carbonique en aldéhyde formique, et, sous l'influence

1. D. Berthelot et H. Gaudechon : Synthèse photochimique des hydrates de carbone aux dépens des éléments de l'anhydride carbonique et de la vapeur d'eau, en l'absence de chlorophylle; synthèse photochimique des composés quaternaires. *C. R.*, t. CL, pp. 1690-1693 ; 1910.

2. J. Stoklasa und W. Zdobnicky : Photochemische Synthese der Kohlenhydrate aus Kohlensäureanhydrid und Wasserstoff in Anwesenheit von Kaliumhydroxid in Abwesenheit von Chlorophyll. *Anz. Kais. Akad. Wiss. Wien*, Math. natur. Klasse, t. XIX, pp. 319-320 ; 1910. — Id. et Id. : Photochemische Synthese der Kohlenhydrate aus Kohlensäureanhydrid und Wasserstoff in Abwesenheit von Chlorophyll. *Biochem. Zeitschr.*, t. XXX, pp. 433-456 ; 1911. — J. Stoklasa, J. Sebor und W. Zdobnicky : Ueber die photochemische Synthese der Kohlenhydrate unter Einwirkung der ultravioletten Strahlen. *Biochem. Zeitschrift*, t. XLI, pp. 333-372 ; 1912. — J. Stoklasa : Ist das Kalium an dem Auf-und Abbau der Kohlenhydrate bei höheren Pflanzen beteiligt? *Zeitschr. landw. Versuchsw. in Oesterreich*, t. XV, pp. 711-735 ; 1912.

des rayons ultra-violets, l'hydrogène qui n'est pas naissant est sans effet sur l'acide carbonique. La présence de la potasse ou du carbonate de potassium est nécessaire à la formation des hydrates de carbone; mais, si l'on oxyde l'aldéhyde formique en présence de la potasse et des rayons ultra-violets, on obtient de l'acide formique, qui ensuite se décompose en eau et acide carbonique. Les auteurs en arrivent ainsi à considérer la chlorophylle comme un sensibilisateur de l'énergie rayonnante, dont le rôle est d'absorber les radiations ultra-violettes. L'hydrate de carbone synthétique ainsi obtenu est un mélange d'hexoses, inactif au point de vue optique et non fermentescible.

Le rôle du carbonate de potassium dans la synthèse des hydrates de carbone paraît être essentiel et comparable à celui d'un catalyseur capable de fixer et de céder tour à tour du gaz carbonique. Si l'on transporte ces résultats sur le terrain biologique, il y a tout lieu de penser que, dans la cellule chlorophyllienne, il ne se produit pas de réduction du gaz carbonique par l'hydrogène naissant, que seul le bicarbonate de potassium est réduit; de plus, comme l'oxydation de l'aldéhyde formique donne de l'acide formique, les auteurs pensent qu'il se produit dans la synthèse chlorophyllienne une réaction inverse, c'est-à-dire une formation d'aldéhyde formique aux dépens de l'acide formique.

Le mécanisme de l'assimilation serait donc le suivant : le gaz carbonique qui pénètre par les stomates, et qui est aussitôt absorbé par la cellule chlorophyllienne, transforme le carbonate de potassium préexistant en bicarbonate de potassium. Sous l'influence des rayons ultra-violets, ce bicarbonate est réduit en produisant de l'acide formique, de l'oxygène et du carbonate de potassium. L'influence persistante de la lumière ultra-violette décompose l'acide formique naissant en oxygène et aldéhyde formique; celle-ci, en présence de la potasse, se polymérise et engendre des hexoses. Le carbonate de potassium devenu libre se transforme de nouveau en bicarbonate en présence de l'eau et du gaz carbonique, et les mêmes phénomènes se reproduisent. Les réactions suivantes résument ces processus :

$$CO^3K^2 + CO^2 + H^2O = 2CO^3HK$$
$$2CO^3HK + \text{Lumière} = CO^3K^2 + CH^2O^2 + O$$
$$\text{Lumière} + CH^2O^2 = CH^2O + O$$
$$nCH^2O = C^nH^{2n}O^n$$
$$2CO^3KH + \text{Lumière} = \text{etc...}$$

Moore et Webster[1] ont réalisé par une autre voie la synthèse de l'aldéhyde formique à partir de l'acide carbonique et de l'eau; ils se sont servis pour provoquer cette synthèse de colloïdes inorganiques d'oxydes d'urane et de fer en solutions très étendues. Ces colloïdes agissent comme des catalyseurs sur l'énergie lumineuse, qu'ils convertissent en énergie chimique capable de se manifester par un processus réducteur semblable à la première étape de la synthèse hydrocarbonée produite par la chlorophylle dans la feuille verte. Les rayons ultra-violets sont plus efficaces que les autres radiations et, avec la même insolation, l'emploi de flacons de quartz contenant le colloïde donne des résultats plus rapides. Plus récemment, Moore[1] s'est attaché à montrer le rôle du fer inorganique dans la photosynthèse naturelle. Le chloroleucite contient deux parties distinctes : le stroma incolore et le pigment. L'expérience n'a pas démontré jusqu'à présent que l'agent primitif de la photosynthèse ne soit pas contenu dans le stroma incolore et que la chrophylle n'ait pas évolué plus tard à la suite d'une synthèse due à la partie incolore du chloroleucite, pour jouer soit un rôle protecteur, soit un rôle d'écran, soit un rôle chimique dans la condensation et dans la polymérisation consécutives au premier acte de la synthèse lumineuse, c'est-à-dire à la formation de l'aldéhyde formique. Il semble bien prouvé, d'autre part, que certaines feuilles jaunes, telles que celles de la variété jaune du Sureau, qui ne produisent pas de chlorophylle à la lumière, mais qui contiennent des chromoleucites jaunes, peuvent réaliser la synthèse de l'amidon et dégager de l'oxygène. Ces observations ont été confirmées par Tammes, Josapait et Kohl.

D'un autre côté, les recherches de l'auteur ont confirmé la présence du fer inorganique sous forme cristalloïde et colloïde dans la partie incolore du chloroleucite chez beaucoup de plantes vertes. On sait d'ailleurs qu'en l'absence de fer la chlorophylle ne peut pas se développer, bien que la chlorophylle elle-même ne contienne pas de fer. En présence de la lumière solaire, la substance qui contient le fer dans le chloroleucite développe la chlorophylle, qui est elle-même un produit de photosynthèse. Ces faits expliquent la chlorose des plantes et sa guérison par des

1. B. Moore and T. A. Webster : Synthesis by Sunlight in Relationship to the Origin of Life. Synthesis of Formaldehyde from Carbon Dioxyde and Water by inorganic Colloids acting as Transformers of Light Energy. *Proc. Roy. Soc. London*, t. LXXXVII, série B, pp. 163-176; 1913.

1. B. Moore : The presence of inorganic Iron Compounds in the Chloroplast of the green cells of Plants, considered in Relationship to natural photo-synthesis and the origine of Life. *Proc. Roy. Soc. London*, t. LXXXVII, série B, pp. 556-570; 1914.

sels minéraux de fer; ils démontrent aussi que le fer joue un rôle fondamental et essentiel dans la photosynthèse et dans la production de chlorophylle. Le fer contenu dans le stroma incolore du chloroleucite et la chlorophylle qu'il produit sont associés dans la transformation d'énergie que réalise la photosynthèse.

Si les travaux récents de Usher et Priestley[1] et de Schryver[2] semblent montrer que des extraits de chlorophylle peuvent, à la lumière, former des quantités très faibles d'aldéhyde formique, il ne faut pas oublier que ces extraits contiennent incontestablement du fer.

3. *Assimilation du gaz carbonique par les bactéries.* — Contrairement aux plantes vertes, les Bactéries puisent le plus souvent le carbone dans les matières organiques. Mais il existe toute une série de bactéries dont Lieske[3] fait une étude d'ensemble et qui sont capables d'assimiler le gaz carbonique en utilisant pour cette assimilation l'énergie fournie par des processus chimiques, notamment par des oxydations. Les unes sont aérobies et utilisent l'oxygène de l'air, les autres sont anaérobies et retirent l'oxygène nécessaire aux oxydations de la réduction des nitrates.

Au premier groupe appartiennent avant tout les ferments nitreux et nitrique de Winogradsky, qui utilisent comme source d'énergie la chaleur libérée par l'oxydation de l'ammoniaque et de l'acide nitreux. Une sorte de bactérie, l'*Hydrogenomonas*, retire l'énergie nécessaire à l'assimilation de l'oxydation de l'hydrogène, tandis qu'une autre sorte est capable d'oxyder le méthane. Les bactéries ferrugineuses brûlent l'oxyde de fer, et les bactéries sulfureuses, qui sont mieux connues, oxydent l'hydrogène sulfuré en produisant du soufre qu'elles brûlent après l'avoir assimilé et au moyen duquel elles produisent de l'acide sulfurique. Elles retirent leur carbone exclusivement de l'assimilation du gaz carbonique. En détruisant l'hydrogène sulfuré toxique, ces bactéries jouent un rôle important dans l'économie de la Nature.

Au second groupe appartiennent les bactéries sulfureuses dénitrifiantes découvertes en 1904 par Beijerinck et étudiées par Lieske[1]. La réduction des nitrates est un processus endothermique qui nécessite un apport d'énergie; celle-ci est fournie par l'oxydation du soufre en acide sulfurique. Les bactéries sulfureuses rouges sont capables d'assimiler le gaz carbonique et ne peuvent vivre sans lumière et sans hydrogène sulfuré. Elles représentent le passage de la photosynthèse à la chimiosynthèse.

4. *Le rôle de l'acide cyanhydrique dans la synthèse des matières albuminoïdes chez les plantes.* — La synthèse des albuminoïdes par la plante est moins bien connue que celle des hydrates de carbone. Dans une série de recherches commencées en 1896 par un mémoire sur la localisation, le transport et le rôle de l'acide cyanhydrique dans le *Pangium edule* et poursuivies jusqu'en 1909, Treub s'est fait le défenseur d'une hypothèse qui considère l'acide cyanhydrique comme « le premier produit reconnaissable de l'assimilation de l'azote et peut-être même le premier composé organique azoté qui se forme ». L'acide cyanhydrique résulterait d'une synthèse réalisée au moyen de sucres réducteurs formés par l'assimilation chlorophyllienne et de nitrates amenés par la sève ascendante. L'acide cyanhydrique donnerait non seulement naissance aux matières albuminoïdes, mais encore aux glucosides cyanogénétiques qui seraient mis en réserve et qui, sous l'influence d'un enzyme, seraient capable de libérer de l'acide cyanhydrique dans les périodes de besoin. Les recherches de Guignard, de Ravenna, de Jorissen et d'autres ont apporté des faits nouveaux qui souvent contredisent l'hypothèse de Treub et qui ont été condensés par Goris[2] dans un travail important, où il met au point non seulement la question de l'acide cyanhydrique et des glucosides cyanogénétiques, mais encore celle des glucosides non azotés et des alcaloïdes.

Goris fait remarquer d'abord que la présence de l'acide cyanhydrique à l'état libre dans les végétaux n'est pas démontrée et que la faible proportion d'acide prussique retirée des plantes provient sans doute de la décomposition rapide des glucosides cyanogénétiques. Les expériences de Guignard, celles de Ravenna et Tonegutti, en contradiction avec celles de Treub, semblent

1. F.-L. Usher and J. H. Priestley: The Mechanism of Carbon Assimilation. Part. III. *Proc. Roy. Soc. London*, t. LXXXIV, B, pp. 101-112; 2 fig.; 1911.

2. S. B. Schryver: The photochemical Formation of Formaldehyde in green Plants. *Proc. Roy. Soc. London*, t. LXXXII, B, pp. 226-232; 1910.

3. R. Lieske: Kohlenstoff-autotrophe Bakterien. *Die Naturwissenchaften*, p. 914; 1914. — Id.: Beiträge zur Kenntnis der Physiologie von *Spirophyllum ferrugineum* Ellis, einem typischen Eisenbakterium. *Jahrb. wiss. Bot.*, t. IL, pp. 91-135; 1911.

1. R. Lieske: Untersuchungen über die Physiologie denitrifizierender Schwefelbacterien. *Ber. deutsch. bot. Ges.*, t. XXX, pp. 12-22; 1912.

2. A. Goris: Localisation et rôle des alcaloïdes et des glucosides chez les Végétaux. 2e édition, 448 p., 30 pl. col., 9 fig. Paris et Berlin, 1914.

confirmer cette manière de voir. Plus récemment, Jorissen[1] a montré que l'acide cyanhydrique peut avoir une origine bien différente de celle que lui assigne Treub ; il peut résulter de l'action de composés oxygénés de l'azote sur des principes immédiats d'origine végétale en solutions diluées et à froid (la vaniline, par exemple). Quand on expose à la lumière diffuse, pendant 24 heures, en vase ouvert et à la température ordinaire, une solution aqueuse contenant un millième d'acide citrique et un dix-millième seulement de nitrite potassique, il est possible de constater la formation d'acide cyanhydrique dans le liquide. Or l'acide citrique est très répandu dans le règne végétal, et les conditions dans lesquelles s'effectue la réaction décrite semblent pouvoir se réaliser dans les tissus végétaux. Jorissen remarque, en outre, que si le nombre des végétaux producteurs d'acide prussique est très grand, plus grand encore est celui des espèces chez lesquelles le phénomène n'a pu être observé jusqu'à présent. Il est vrai que Peche[2] a signalé que, par un nouveau procédé, il avait révélé l'existence de l'acide cyanhydrique dans le Laurier-cerise, mais la méthode qu'il a employée prête aux mêmes critiques que la méthode de Treub.

Si l'on admet que la formation d'acide cyanhydrique est secondaire et due à un dédoublement enzymatique des glucosides cyanogénétiques, il reste toujours à déterminer le rôle de ces glucosides eux-mêmes. Errera leur attribuait un rôle protecteur, contesté aujourd'hui, car les végétaux à glucosides cyanogénétiques ne sont pas exempts de la visite des parasites. Treub leur attribue un rôle nutritif et Guignard croit aussi qu'ils peuvent être utilisés par la plante, ainsi que semblent le montrer ses expériences sur la germination des graines de *Phaseolus lunatus* qui, à l'obscurité, perdent peu à peu leur glucoside cyanhydrique à mesure qu'elles se développent. Pour Goris, le rôle des glucosides cyanhydriques comme générateurs de matières protéiques n'est pas suffisamment démontré; si l'acide cyanhydrique n'existe pas dans la plante à l'état libre, il faut admettre que la molécule cyanogénétique dérive de la désintrégation des matières albuminoïdes et, dans ce cas, les glucosides azotés représenteraient, comme les autres glucosides, des substances de déchet pouvant d'une façon accessoire jouer le rôle de substances de défense.

1. A. Jorissen : L'acide cyanhydrique chez les végétaux. Lecture faite à la séance publique de la Classe des Sciences. *Bull. class. Sc. Acad. royale Belgique*, pp. 1202-1231 ; 1913.

2. K. Peche : Mikrochemische Nachweis der Cyanwasserstoffsäure in *Prunus Laurocerasus L. Sitzungsb. d. K. Akad. v. Wiss., Math. naturw. Kl.*, t. CXXI, pp. 33-56, 1 pl. col., 1912.

IV. — Le séro-diagnostic chez les plantes

Mez et ses élèves Lange, Kirstein, Gohlke[1], ont appliqué à l'étude des affinités des groupes végétaux supérieurs les méthodes de séro-diagnostic qui jusqu'ici relevaient exclusivement de la physiologie animale. Des diverses méthodes employées : précipitation, formation du complément (réaction de Wassermann), anaphylaxie et agglutination, ils n'ont retenu que les procédés de la précipitation et de l'agglutination.

La méthode de précipitation réclame un antigène et un sérum immunisé; l'antigène était préparé au moyen d'extraits de graines à l'état de dilutions allant de $\frac{1}{200}$ à $\frac{1}{50.000}$, et le sérum était fourni par un lapin préparé par injection intra-veineuse ou intra-péritonéale. Si l'on ajoute à l'antigène un centimètre cube de sérum, on obtient, après quelques heures à l'étuve à 37°, un précipité avec les espèces parentes ; la réaction est négative avec les espèces non apparentées.

Dans la méthode d'agglutination, il faut encore un sérum que l'on empruntait à un ruminant; les extraits dilués de graines étaient ajoutés à des quantités graduées de sérum, et l'on sensibilisait à l'étuve pendant deux heures. Si l'on ajoute alors 0,4 cm³ de sérum, on obtient une agglutination avec les espèces apparentées ; on n'observe aucun nuage floconneux avec les espèces éloignées. Comme la concentration de l'albumine dans les extraits de graines est très variable, il fallait déterminer chaque fois la quantité d'albumine contenue dans les solutions salées physiologiques et la ramener au même titre qu'un extrait de graine pris comme terme de comparaison.

Ces réactions donnent des résultats non seulement qualitatifs mais aussi quantitatifs, car la grandeur du précipité permet de juger du degré de parenté. Comme l'albumine végétale se laisse difficilement différencier par le séro-diagnostic, les auteurs ont multiplié les réactions et contrôlé maintes fois leurs résultats. Avant de formuler leurs conclusions, ils se sont assurés qu'en aucun cas elles n'étaient en contradiction

1. C. Mez und K. Gohlke : Physiologisch-systematische Untersuchungen über die Verwandtschaften der Angiospermen. *Beit. Biol. Pflanzen*, t. XII, pp. 155-180 ; 1913.

C. Mez und L. Lange : Sero-diagnostische Untersuchungen über die Verwandschaften innerhalb der Pflanzengruppe der Ranales. *Ibid.*, t. XII, pp. 218-222 ; 1914. — K. Gohlke : Die Serumdiagnostik im Dienste der Pflanzensystematik. *Die Naturwissenschaften*, t. II, pp. 405-410 ; 1914.

avec des affinités incontestables et que toutes les espèces d'une même famille, et non quelques-unes seulement, réagissaient avec un sérum immunisé par une autre famille, s'il y avait entre les deux familles quelque lien de parenté; l'épreuve réciproque était toujours réalisée. Les diagnoses correspondant à ces réactions ont permis d'établir des diagrammes et de construire un arbre phylogénique des plantes vasculaires.

Parmi les résultats intéressants ainsi obtenus, il faut noter que la série phylétique des plantes supérieures ne va point des Filicinées eusporangiées aux Cycadofilicinées, Cycadées, Bennettitées, Magnoliacées, mais bien des Muscinées aux Lycopodiacées éligulées, aux Lycopodiacées ligulées, aux Conifères et aux Magnoliacées. Les Gymnospermes représentent donc vraisemblablement un groupe diphylétique ; les Cycadées proviendraient des Cycadofilicinées, les Conifères et les Gnétacées, des Lycopodiacées. Les Magnoliacées sont à la base des Angiospermes avec deux rameaux divergents, l'un formé des Centrospermées et des Berbéridacées, l'autre des Ranales. Les Dipsacées ne sont alliées ni aux Composées, ni aux Campanulacées.

V. — Greffe et parabiose [1]

1. *Hybrides de greffe et chimères.* — Hans Winkler poursuit sur les hybrides de greffe des recherches dont nous avons fait connaître les premiers résultats dans cette *Revue* [2]. Après avoir exposé le développement historique de la notion d'hybrides de greffe, Winkler cherche à montrer tout le parti que la Botanique pourra retirer, tant au point de vue scientifique qu'au point de vue pratique, de l'étude expérimentale des prétendus hybrides asexuels. Il renonce, en effet, d'une façon définitive à considérer comme hybrides de greffe les productions singulières qu'il a obtenues en greffant la Morelle noire (*Solanum nigrum*) sur la Tomate (*Solanum lycopersicum*) et qu'il a décrites sous les noms de *Solanum tubingense*, *Sol. koelreuterianum*, *Sol. proteus* et *Sol. gaertnerianum*. Il les regarde, conformément à l'opinion émise par Baur, comme des chimères périclines, c'est-à-dire comme des formations dans lesquelles l'un des composants est enclavé dans l'épiderme de l'autre composant. La preuve cytologique en est facile à donner, car les deux plantes greffées, *Solanum nigrum* et *Solanum lycopersicum*, ont des nombres de chromosomes différents. Ainsi le *Solanum tubingense* a l'épiderme de la Tomate et les autres tissus de la Morelle noire ; le *Solanum koelreuterianum* a, au contraire, l'épiderme de la Morelle noire et le reste des tissus de la Tomate. Dans le *Solanum proteus*, l'épiderme et la couche sous-épidermique appartiennent à la Tomate, tandis que, dans le *Solanum gaertnerianum*, elles appartiennent à la Morelle.

Winkler étend la même interprétation aux plus célèbres des hybrides de greffe, au Cytise d'Adam et au Néflier de Bronvaux, qu'il considère également comme des chimères périclines. Le Cytise d'Adam est le premier hybride de greffe connu ; il fut obtenu en 1825 par greffe du *Cytisus purpureus* sur le *Cytisus Laburnum*. Le Néflier de Bronvaux ou *Cratægo-mespilus*, découvert en 1900, résulte de la greffe d'un néflier sur l'épine-blanche ; il présente deux formes. Les recherches de Winkler et de Buder ont montré que le Cytise d'Adam est un *Cytisus Laburnum* implanté dans l'épiderme du *Cytisus purpureus*, et les études de Baur ont établi que le *Cratægo-mespilus* est une Epine-blanche possédant dans une forme une seule assise et, dans l'autre, deux assises de Néflier. Si ces hybrides de greffe portent toujours des fruits d'une seule sorte, soit de l'un, soit de l'autre des parents, cette particularité s'explique par le fait que les cellules sexuelles naissent aux dépens de la couche sous-épidermique et sont produites par le parent qui forme cette couche.

La question des hybrides de greffe est donc résolue dans ce sens que ce ne sont point des hybrides, mais des individus à la constitution desquels participent les cellules de deux espèces différentes qui, sans subir de changements, se juxtaposent de manière à former un ensemble solidaire. Winkler croit, en effet, que l'influence réciproque du sujet et du greffon ne provoque que des modifications accidentelles, et Hume [1], qui a recherché les filaments connectifs chez les hybrides de greffe, ne croit pas à l'existence de communications protoplasmiques entre les cellules des deux composants.

2. *Parabiose.* — Les expériences de parabiose réalisées par Eva Mameli [2] sembleraient prouver, au contraire, qu'il existe des communications protoplasmiques entre deux plantes unies artificiellement. On appelle, en effet, parabiose l'union permanente de deux êtres, obtenue par des procédés artificiels. Les plantes choisies

1. H. Winkler : Die Chimärenforschung als Methode der experimentellen Biologie. *Sitz. ber. phys. med. Ges.*, pp. 1-23; Würzbourg, 1913 [1914].

2. F. Péchoutre : Hybrides de greffe et chimères. *Rev. gén. des Sc. pures et appliquées*, t. XXII, pp. 445-449, 1 fig.; 1911.

1. Hume : On the presence of connecting threads in graft hybrids. *New Phytologist*, t. XII, pp. 215-221, 1 fig.; 1913.

2. Eva Mameli : Note di parabiosi vegetale. *Atti della Soc. ital. per il progresso delle science*, t. VI, pp. 812-816; 1913.

sont réunies par un rameau latéral ou par la tige principale et sont laissées intactes, une fois le cal formé. Les plantes en parabiose atteignent en général un développement plus grand que les plantes isolées qui servent de contrôle. Lorsqu'une des deux plantes en parabiose est maintenue longtemps en terrain sec, tandis que l'autre est régulièrement arrosée, on constate que la première émet de nouveaux bourgeons et fleurit. Il y a donc passage osmotique de l'eau par le tissu de cicatrisation; il se manifeste même une pression radicale dans la plante asséchée. L'auteur a pu aussi constater des échanges de substances entre les deux plantes en parabiose.

VI. — Le pollen; la parthénogénèse et la parthénocarpie

1. *Formation du pollen chez les Angiospermes.* — La règle qui considère la formation du pollen par bipartition successive comme caractéristique des Monocotylédones et la formation par quadripartition simultanée comme spéciale aux Dicotylédones n'est pas sans exception; chez les Monocotylédones, la quadripartition simultanée avait été signalée par Strasburger dans les Asphodèles et par Guignard chez les Orchidées. Chez les Dicotylédones, la division successive avait été observée par Strasburger dans le *Ceratophyllum submersum*, par Ernst et Schmidt, dans le *Rafflesia Patma*, par Strasburger, Frye, Gayer dans quelques *Asclepias*, par Frye et Blodgett dans l'*Apocynum androsœmifolium*. Récemment, Samuelsson[1] a fait connaître deux exemples de Dicotylédones chez lesquels le mode de développement du pollen ne rentre pas dans la règle commune à cette classe. Dans l'*Aristolochia Clematitis*, le cloisonnement est successif, tandis que dans l'*Anona Cherimolia*, la marche du cloisonnement est intermédiaire entre les deux types fondamentaux et la seconde cloison s'y ébauche avant que la première soit complète, d'une manière analogue à celle qu'avait signalée Guignard dans les *Magnolia*. De son côté, Guignard[2] signale de nouvelles et nombreuses exceptions chez les Monocotylédones dans les familles des Liliacées et des Iridées; la quadripartition simultanée paraît être générale dans la tribu des Aloïnées et dans la famille des Iridées.

2. *La participation du cytoplasma à la constitution des gamètes mâles chez les Phanérogames.* — Chez les Phanérogames, les gamètes mâles ont une tendance évidente à se réduire à leur noyau, si bien que le cytoplasma mâle cesse de participer au processus de la fécondation. La cellule génératrice binucléée joue un rôle important dans cette réduction; et on peut suivre dès les Gymnospermes (Abiétinées, quelques Taxinées, Gnétacées) les progrès de la destruction du cytoplasma mâle, progrès qui conduisent jusqu'aux noyaux mâles nus des Angiospermes supérieures. Nawaschin et Finn[1] ont étudié à cet égard deux plantes chalazogames, le *Juglans regia* et le *Juglans nigra*. Ces deux espèces possèdent des cellules binucléées qui atteignent sans altération le sac embryonnaire et qui correspondent aux cellules binucléées de quelques Gymnospermes. Chez les Gymospermes, à l'exception de quelques Gnétacées, le cytoplasma mâle atteint l'oosphère; chez quelques espèces de *Juglans*, il n'atteint plus que le sac embryonnaire; chez les Angiospermes supérieures, il disparaît en grande partie dans le tube pollinique ou même déjà dans le grain de pollen. La persistance du cytoplasma mâle chez les *Juglans* est un caractère primitif hérité des Gymnospermes et une preuve de l'ancienneté des Chalazogames, qui sont à la base des Angiospermes. La simplification des gamètes mâles suit pas à pas l'évolution du tube pollinique.

3. *Parthénogénèse et apogamie.* — On sait aujourd'hui que la plupart des exemples de développement de l'embryon et de l'albumen sans fécondation rentrent dans le cadre de la parthénogénèse somatique, caractérisée par l'absence de réduction chromatique dans l'oosphère. Les cas d'apogamie somatique aux dépens des autres éléments du sac embryonnaire sont moins communs que les cas de parthénogénèse. Il est très rare que les synergides se développent en embryons; on cite un seul cas d'une ébauche d'embryon aux dépens d'une cellule antipode; mais l'exemple le plus intéressant et le plus connu d'une apogamie analogue est le cas des *Balanophora elongata* et *globosa* étudiés successivement par Treub et Lotsy. Ici, l'apogamie se produirait aux dépens d'un noyau polaire, qui persiste seul dans le sac embryonnaire après la disparition des synergides, de l'oosphère et des noyaux de la base; ce noyau polaire forme un albumen, et c'est l'une des cellules de cet albumen qui produirait l'embryon peu différencié.

1. G. Samuelsson : Ueber die Pollenentwicklung von *Anona* und *Aristolochia* und ihre systematische Bedeutung. *Svenks Botaniks Tidskrift*, t. VIII, p. 181; 1914.

2. Guignard : Sur la formation du pollen. *Comptes rendus*, t. CLX, pp. 428-463; 1915.

1. S. Nawaschin und N. Finn : Zur Entwicklungsgeschichte der Chalazogamen *Juglans regia* und *Juglans nigra*. *Mém. Acad. imp. Sc. St Pétersbourg*, VIIIe Sér., *Cl. physiq. mathém.*, t. XXXI, pp. 1-59, 4 pl.; 1913.

Ernst[1] qui, en étudiant diverses Angiospermes saprophytes (*Burmannia*, *Sciaphila*, *Cotylanthera*), avait soupçonné chez ces plantes la formation de l'embryon aux dépens de l'albumen, a repris l'étude des *Balanophora*.

Ses conclusions sont en désaccord avec celles de Treub et de Lotsy. L'oosphère ne disparaît pas du sac embryonnaire et c'est elle qui engendre l'embryon par parthénogénèse ; avant son développement en embryon elle grossit et présente, comme les autres éléments du sac embryonnaire, des signes de flétrissement qui ont trompé les premiers observateurs et leur ont fait croire à une dégénérescence. L'erreur est d'autant plus facile à commettre que les divisions cellulaires produisent secondairement dans l'albumen et autour de l'embryon un grand nombre de petites cellules. L'apogamie des *Balanophora* rentre ainsi dans le cadre des parthénogénèses somatiques.

4. *Parthénocarpie.* — Ce terme a été appliqué en 1902, par Noll, à un phénomène connu depuis longtemps, à la formation de fruits sans fécondation. Noll limitait la parthénocarpie aux cas où la formation des fruits se poursuivait non seulement sans fécondation, mais encore sans pollinisation ; mais Winkler et Fitting ont étendu cette dénomination aux cas où le fruit se formait après une pollinisation non efficace, c'est-à-dire non suivie de fécondation, et ils ont distingué en conséquence une parthénocarpie végétative ou autonome d'une parthénocarpie stimulative ou étionome, bien que dans la pratique la séparation de ces deux formes ne soit pas toujours aisée. Les cas de parthénocarpie aujourd'hui connus sont très nombreux ; ils correspondent certainement à des causes et à des états très divers et la question est en pleine évolution. Tischler[2] s'est proposé de rassembler les divers cas de parthénocarpie épars dans la littérature et d'étudier de près le développement des ovules dans quelques fruits parthénocarpiques. Il importe, en effet, de vérifier qu'il ne se forme point dans ces fruits d'embryon parthénogénétique, car la formation d'un embryon, quelle que soit son origine, est, sans contredit, un excitant pour le développement des tissus du fruit et, même avec une large compréhension du terme, il serait interdit, dans ce cas, de parler de parthénocarpie. D'un autre côté, il est intéressant de rechercher s'il y a des degrés dans la parthénocarpie, si les ovules s'y forment normalement, si, en l'absence de fécondation, ces ovules qui ne forment jamais d'embryons peuvent ébaucher le développement de quelques-unes de leurs parties. Tischler est ainsi amené à partager les plantes parthénocarpiques en deux grandes catégories, celles où le sac embryonnaire est normal au moment de l'anthèse et celles où le sac embryonnaire ne se développe pas.

A. Plantes parthénocarpiques a sac embryonnaire normal. — Dans cette catégorie, un premier groupe de plantes parthénocarpiques arrivent, sans fécondation, à ébaucher leur albumen. Telles sont : *Cœlebogyne ilicifolia* (Strasburger), *Dasylirion* (Went et Blaauv), *Tragopogon pratense* (Eichler), *Diospyros virginiana* (Woodburn et miss Haque), *Ficus Carica* (Longo et Leclerc du Sablon). Dans un second groupe, il ne se forme pas d'albumen et, en l'absence de fécondation, le développement de l'ovule se borne à la production de poils ou de thylles, comme dans l'Ananas, ou à la constitution d'un tégument séminal qui n'a rien à protéger, comme l'ont montré Müller-Thurgau pour la Vigne et Ewert pour le Poirier commun ; d'après Longo, les *Diospyros* du Jardin botanique de Sienne rentreraient dans ce groupe. Dans un troisième et dernier groupe, qui comprend la plupart des fruits parthénocarpiques, les ovules, en l'absence de fécondation, se dessèchent sans présenter de développement dans aucune direction. Cette parthénocarpie est commune dans les baies et les drupes : bananes, raisins, pommes, poires, cerises, prunes, groseilles. Ewert a montré que, par un arrêt artificiel de la sève (incision annulaire), on peut provoquer une parthénocarpie autonome. Longo a découvert la possibilité d'une parthénocarpie végétative dans le *Schinus molle* et peut être aussi dans le *Crataegus Azarolus*.

B. Plantes parthénocarpiques sans sac embryonnaire. — La parthénocarpie reste possible même quand les ovules n'arrivent pas à former un sac embryonnaire normal. Cet arrêt précoce dans la croissance de l'ovule est dû soit à des parasites, comme on l'observe dans les ovules de *Triticum* envahis par le *Tilletia*, soit à la nature hybride des plantes, comme il arrive chez beaucoup de variétés de Bananes[1]. De nombreux autres cas de parthénocarpie signalés par divers auteurs échappent encore à cette classification.

F. Péchoutre,
Professeur au Lycée Louis-le-Grand.

1. A. Ernst : Embryobildung bei Balanophora. *Flora*, t. CVI, pp. 129-159 ; 2 pl. ; 1913.
Id. : Zur Kenntnis von Parthenogenesis und Apogamie bei Angiospermen. *Verhandl. Schweiz. Naturf. Ges.*, 96. Jahresv., II Teil, pp. 222-234, 3 fig. ; 1913.
2. G. Tischler : Ueber die Entwicklung der Samenanlagen in den parthenokarpen Angiospermen-Früchten. *Jahrb. wiss. Bot.*, t. LII, pp. 1-84, 2 T., 30 fig. ; 1912.

1. A. d'Angremond : Parthenokarpie und Samenbildung bei Bananen. *Flora*, t. CVII, pp. 57-110, 8 pl., 14 fig. ; 1914.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Fiek (G.), **Hinrichsen** (W.), **Archbutt** (S. L.), **Portevin** (A.) et **Nusbaumer** (E.). — **Données numériques de l'Art de l'ingénieur et de la Métallurgie.** Résistance des matériaux et données numériques diverses. *Préface de* M. A. Mesnager. — *1. vol. in-4° de 74 p. (Prix cart. : 10 fr.). Gauthier-Villars et Cie, éditeurs,* 53, *quai des Grands-Augustins, Paris,* 1914.

Ce recueil est un extrait du 3e volume des Tables annuelles de Constantes et Données numériques [1] publiées par le Comité international nommé par le VIIe Congrès de Chimie appliquée (Londres, 2 juin 1909). Les éditeurs ont été bien inspirés en publiant à part certains chapitres d'un volume dont le prix est nécessairement élevé. Cela permet à chaque spécialiste d'acquérir facilement le fascicule qui l'intéresse et d'avoir sans cesse à sa portée la collection de tableaux dont les données se rapportent à ses études. Malgré cette réduction, le nombre des documents réunis est considérable et représente une somme de travail énorme, si l'on songe à la quantité d'essais ou d'expériences qui ont servi à les établir.

L'Art de l'Ingénieur comporte deux grandes divisions, suivant que les constantes sont mécaniques ou thermiques. Les constantes mécaniques ont trait aux matériaux de construction (bois, ciment, mortier ou béton, matières diverses), aux textiles et tissus, papiers et enfin à certaines données relatives aux tuyaux. Les constantes thermiques concernent les produits réfractaires et les combustibles.

La partie consacrée à la Métallurgie renferme tous les renseignements techniques que l'on peut désirer sur les métaux et alliages, températures critiques, constitution, solubilité, oxydation, sherardisation, températures des fours. Vient ensuite le chapitre important des constantes mécaniques des métaux. Chaque métal ou alliage étudié (il y en a 358) est défini par son analyse complète et a été soumis à des essais de traction. Beaucoup d'entre eux ont subi également des essais de compression, de flexion, de dureté, de cisaillement, de choc et d'efforts alternés. Le rapprochement de tous ces chiffres est évidemment très instructif, bien que ceux-ci n'aient rien d'absolu, les essais n'ayant pas tous été conduits dans des conditions identiques. En se reportant aux notes correspondant aux résultats obtenus, on aura néanmoins des indications relatives fort utiles pour les opérations qu'on entreprendra au cours du traitement des métaux.

Afin de faciliter les recherches, le secrétaire général du Comité, M. Ch. Marie, de l'Université de Paris, a eu l'heureuse idée de disposer à la suite des tableaux non seulement une table des matières, mais aussi la liste alphabétique des substances techniques figurant dans les divers chapitres du volume. Grâce à ces index rédigés en quatre langues (française, allemande, anglaise et italienne), les Ingénieurs ou Métallurgistes de tous pays auront très vite sous les yeux les renseignements numériques désirés, tirés des meilleures sources d'informations.

Une publication ainsi conçue nous paraît appelée à un très légitime succès.

Emile Demenge.

1. Voir la *Revue* des 30 août 1912, p. 639, et 15 octobre 1913, p. 741.

2° Sciences physiques

Maurer (P.), *ingénieur-électricien.* — **La Téléphonie et les autres moyens d'intercommunication dans l'industrie, les mines et les chemins de fer** (Description, montage et entretien des appareils). — *Un volume in-8° de VII-232 pages avec 115 fig. (Prix : 9 fr.). H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris,* 1914.

Cet ouvrage, essentiellement pratique, comprend une étude détaillée des différents systèmes utilisés pour établir des communications entre un ou plusieurs points déterminés, soit pour échanger des conversations, soit pour permettre la transmission et la réception d'indications ou de signaux conventionnels entre un ou plusieurs postes d'action avec enregistrement ou simplement permanence des ordres transmis.

Les trois parties de ce livre sont respectivement consacrées :

1° A la description des appareils utilisés dans l'industrie, c'est-à-dire dans les établissements industriels privés, administrations, usines, bureaux, etc. ;

2° Aux appareils destinés à l'exploitation des mines ;

3° Aux appareils d'intercommunication adoptés pour l'exploitation des chemins de fer.

Dans la première partie, l'auteur donne d'abord une description des piles électriques les plus employées. Cette description est complétée par des indications pratiques relatives au groupement et à l'essai des piles.

Vient ensuite une description sommaire des sonneries électriques, des tableaux annonciateurs électro-magnétiques et des tableaux à signaux lumineux avec les indications nécessaires pour leur montage et leur pose.

Le chapitre de la Téléphonie, qui suit ces notions préliminaires, comprend d'abord un examen succinct des phénomènes physiques qui ont servi de point de départ à l'évolution de la téléphonie. Cette étude sommaire est suivie de la description des principaux téléphones usuels, écouteurs et microphones, et des appareils accessoires nécessités par toute installation téléphonique.

L'auteur a ensuite donné des indications pratiques très précises sur le montage des postes téléphoniques à circuit secondaire et à circuit primaire, ainsi que sur l'installation des postes centraux téléphoniques. Un chapitre spécial est consacré à la téléphonie automatique.

La première partie se termine par la description des transmetteurs d'ordres mécaniques, hydrauliques et électriques et de divers indicateurs, tels que les avertisseurs d'incendie, les indicateurs de vitesse et aussi de niveau d'eau à distance.

La signalisation dans les mines, qui est une des conditions essentielles de la bonne marche de l'exploitation, fait l'objet de la deuxième partie, très documentée. Les différents dispositifs de signalisation mécanique tendent actuellement à disparaître ; néanmoins l'auteur en donne la description, étant donné qu'il y en a encore en service.

La signalisation par appareils phoniques et hydrauliques, porte-voix et tubes acoustiques, ne peut être utilisée que pour des exploitations se faisant à petite profondeur, c'est-à-dire à moins de 200 mètres ; aussi n'a-t-elle donné lieu qu'à une simple mention.

Quant à l'emploi de l'électricité, dont les applications deviennent de plus en plus nombreuses, on trouve dans ce chapitre tous les détails concernant les systèmes par magnéto et sonnerie polarisée, par tableaux annonciateurs et tableaux lumineux, les systèmes combinant les deux dispositifs de signalisation optique et acoustique, les appareils téléphoniques speciaux, les transmetteurs d'ordres, etc.

La troisième partie s'occupe spécialement des appareils utilisés dans l'exploitation des chemins de fer.

En premier lieu, on trouve les détails relatifs à l'organisation télégraphique des chemins de fer, avec la description des appareils télégraphiques à cadran et Morse ainsi que des appareils accessoires de toute installation : piles, sonneries, commutateurs, galvanomètres, relais, parafoudres, etc.

Puis l'auteur décrit avec grands détails les différents modes de montage et d'intercommunication.

Il expose clairement la constitution des lignes télégraphiques directes, semi-directes et omnibus, en donnant les détails relatifs à la construction de ces lignes et au matériel utilisé à cet effet, ainsi qu'à la recherche des dérangements qui peuvent les affecter et aux essais à effectuer pour les localiser.

Les appareils téléphoniques sont aussi largement utilisés dans l'exploitation des chemins de fer et M. Maurer n'a pas manqué de donner des indications sur les appareils spéciaux à ce service en les décrivant minutieusement et en indiquant leur application.

Cette troisième partie se termine par la description des nombreux appareils destinés à établir les intercommunications entre postes d'aiguillages, postes de la voie, gares, entre trains et voie ou gares et enfin dans les trains mêmes.

Le grand nombre de renseignements pratiques que contient cet ouvrage en fait un guide précieux pour tous ceux qui ont à installer ou à utiliser les nombreux modes d'intercommunication décrits.

J. A. Montpellier.

3° Sciences naturelles

Federal Handbook, *prepared in connection with the eighty-fourth meeting of the British Association for the Advancement of Science held in Australia (August 1914), édité par* M. G. H. Knibbs. — *1 vol. in-8° de 598 p. avec fig. et cartes. A. J. Mullett, Government Printer, Melbourne*, 1914.

Handbook for New South Wales, *édité par* M. W. S. Dun. — *1 vol. in-8° de 322 p. avec fig. et cartes. Ed Lee and Co, imprimeurs, Sydney*, 1914.

Handbook to Victoria, *édité par* MM. A. M. Laughton et T. S. Hall. — *1 vol. in-8° de 382 p. avec fig. et cartes. A. J. Mullett, Government Printer, Melbourne*, 1914.

Our first half-century. A review of Queensland progress. — *1 vol. in-8° de 257 p. avec planches. A. J. Cumming, Government Printer, Brisbane*, 1909.

Handbook of South Australia, *édité par* MM. D. J. Gordon et V. H. Ryan. — *1 vol. in-8° de 338 p. avec fig. et cartes. R. E. E. Rogers, Government Printer, Adelaide*, 1914.

Handbook and Guide to Western Australia. — *1 vol. in-8° de 116 p. avec fig. et cartes. F. W. Simpson, Government Printer, Perth*, 1914.

A l'occasion du 84e Congrès de l'Association britannique pour l'Avancement des Sciences, qui s'est tenu en Australie en août 1914, le Conseil fédéral et les Comités locaux de réception des divers Etats avaient décidé la publication d'une série d'ouvrages destinés à donner aux membres du Congrès un aperçu aussi complet que possible du pays qu'ils allaient visiter.

Ces ouvrages sont au nombre de sept : un « Guide fédéral », où sont étudiées les questions relatives à l'ensemble de l'Australie, et six autres volumes consacrés chacun à l'un des Etats : Nouvelle-Galles du Sud, Victoria, Queensland, Australie du Sud, Australie occidentale et Tasmanie. L'ensemble constitue sans nul doute l'étude la plus scientifique et la plus documentée qui ait été écrite sur la grande Terre australe. Nous allons essayer de donner une idée des richesses qui s'y trouvent.

I. Federal Handbook. — Ce volume, le plus important, est divisé en 14 chapitres.

Dans le premier, M. E. Scott, professeur à l'Université de Melbourne, retrace à grands traits l'histoire de l'Australie, depuis sa découverte en 1606 par le navigateur espagnol de Quiros jusqu'au dernier grand événement de sa vie politique : l'institution en 1901 d'un Gouvernement et d'un Parlement fédéraux pour l'ensemble du pays.

M. W. Baldwin Spencer, professeur également à l'Université de Melbourne, étudie ensuite les « Aborigènes de l'Australie », ces populations si curieuses qui, à l'exception d'un ou deux groupes isolés, représentent la race existante la plus arriérée. L'auteur donne des détails intéressants, illustrés de nombreuses figures, sur leur organisation, les systèmes totémiques, les cérémonies d'initiation, les croyances, la magie et les sorciers, les armes et outils, l'art décoratif.

Le chapitre III, consacré à la géographie physique et générale, est dû à M. G. Taylor, physiographe du Bureau fédéral de Météorologie. Au point de vue physique, l'Australie peut être divisée en cinq régions : 1° la Cordillère orientale, bordant le Pacifique et s'étendant du cap York aux monts Grampians du Victoria et à la Tasmanie ; 2° le bassin du Murray et du Darling, région presque entièrement inférieure à 300 mètres de hauteur et s'étendant de Bourke à l'embouchure du Murray ; 3° les Highlands sud-australiens, avec leur vallées-failles associées, s'étendant de Broken Hill à Port Lincoln ; 4° le Grand Bassin artésien, allant du golfe de Carpentarie au lac Eyre ; 5° la grande région des Plateaux, embrassant toute la moitié occidentale du continent. Il est à remarquer qu'à une ou deux exceptions près, aucune des limites politiques d'Etats ne correspond aux limites naturelles.

On peut rapprocher de ce chapitre celui qui est consacré à la géologie (ch. VII), par M. T. W. Edgeworth David, professeur à l'Université de Sydney. D'après lui, l'Australie est essentiellement une vaste pénéplaine, qui a été en partie abandonnée par l'Océan, en partie plissée avec accompagnement de fractures profondes. Les plus anciennes des vraies montagnes plissées remontent au Carbonifère. La grande pénéplanation a eu lieu à l'époque permienne, et a été suivie d'une transgression considérable de la mer dans un bassin intérieur allant de Sydney jusqu'à Townsville dans le Queensland. Pendant les périodes triasique et jurassique, la Tasmanie avec le détroit de Bass et le sud du Victoria furent recouverts de grands lacs et marécages dans lesquels se formèrent les charbons de cette époque. A la même époque, un vaste lac s'étendait de Brisbane jusque vers le lac Eyre actuel. A la fin du Jurassique ou peu après survinrent les gigantesques intrusions de diabase (dolérite) qui coïncident avec l'affaissement du continent du Gondwana et avec la surrection compensatrice du sol océanique. L'Australie ne fait pas exception à la règle générale de la transgression des mers épicontinentales à l'époque crétacée. Au Crétacé supérieur, les conditions marines sont en grande partie remplacées par des conditions lacustres : c'est le moment où se dépose le « grès du Désert » qui alors recouvrait probablement les trois quarts du Queensland, un tiers de l'Australie méridionale et un cinquième de la Nouvelle Galles du Sud. On a avancé que la pénéplaine australienne et tasmanienne n'a pas subi de plissements notables avant le Pliocène ; ceux-ci paraissent avoir commencé pourtant avec l'Oligocène pour se poursuivre surtout après le Miocène, qui est aussi l'époque d'une grande explosion d'activité volcanique sur tout le continent. Une série de glaciations successives dans les montagnes de la Tasmanie et du sud-est de l'Australie a commencé avec le Pléistocène. Parmi les mouvements tectoniques les plus récents, il faut signaler le développement des grandes failles de tension qui ont si fortement fracturé le Flinders Range et l'Eastern Divide. La faille des Darling Ranges de l'Australie occidentale date probablement aussi de la fin du Pleistocène ou de l'époque récente.

Cette esquisse de l'histoire géologique de l'Australie, illustrée de cartes géologique, orographique et tectonique et de nombreuses coupes géologiques, est suivie d'une description stratigraphique, de notes paléontologiques, d'une étude des roches ignées et métamorphiques, et d'une annexe sur la géologie de la Papouasie.

Le climat de l Australie (ch. IV) fait l'objet d'un exposé de M. A. H. Hunt, météorologiste fédéral. C'est le climat le plus doux et le plus égal de tous les continents, par suite de la position géographique de l'Australie, de son insularité et de l'absence d'extrêmes physiographiques. L'Australie est comprise à peu près entre les isothermes de 12° et 30° C. (température moyenne annuelle). Les deux principales sources de pluie sont les dépressions du Sud, qui bordent les côtes méridionales du continent surtout pendant les mois d'hiver, et les basses pressions tropicales qui opèrent surtout pendant les mois d'été. Une source secondaire, mais importante, est l'anticyclone qui, en provoquant un flux d'air humide des eaux océaniques adjacentes en toute saison de l'année, peut produire des pluies copieuses sur le littoral oriental. En Australie, la culture ordinaire du blé peut être considérée comme assurée et rémunératrice partout où la chute de pluie est de 25 cm. au moins, d'avril à octobre. Il y a presque 500.000 milles carrés de territoires qui remplissent cette condition; mais la moitié probablement sont inutilisables par suite de la topographie, de la nature du sol ou de l'excès des pluies. Toutefois, bien d'autres régions de l'intérieur peuvent être mises en valeur par l'adoption de graines résistant à la sécheresse et des méthodes du dry-farming, ce qui ramène au chiffre ci-dessus l'étendue des terrains cultivables en blé. Une des caractéristiques de la météorologie australienne, avec son régime des vents un peu compliqué, c'est l'existence de ses « coups de vent » du sud, particuliers aux côtes de la Nouvelle Galles du Sud, et des cyclones violents qui visitent la côte nord-ouest de l'Australie occidentale et la côte nord du Queensland.

M. J. H. Maiden, directeur des Jardins botaniques de Sydney, donne dans le chapitre V un aperçu de la végétation australienne. Celle-ci ne compte pas moins de 10.673 espèces reconnues à l'heure actuelle, dont 85 % environ sont endémiques. Le genre le plus répandu est le genre *Acacia*, qui ne compte pas moins de 412 espèces; après lui vient le genre *Eucalyptus*, avec 230 espèces, mais ce dernier est si abondant au point de vue du nombre des individus qu'il constitue sans nul doute le végétal le plus commun et le plus caractéristique de l'Australie. Dans cette flore, on peut distinguer un élément australien original, de beaucoup prédominant, puis un élément austro-malais, commun sur la côte du Queensland et jusque dans la Nouvelle Galles du Sud, et enfin un élément antarctique, qu'on rencontre surtout en Tasmanie. La flore australienne a de grandes affinités avec celle de l'Afrique du sud, ce qui laisse supposer une liaison entre les deux continents aux époques anciennes. M. Maiden étudie la flore particulière de chaque Etat et donne d'intéressants renseignements sur quelques questions particulières, comme la destruction des forêts, la législation sur les plantes parasites, la végétation des déserts, etc.

Au point de vue de la vie animale (ch. VI), que décrit M. W. A. Haswell, professeur de Biologie à l'Université de Sydney, les êtres les plus caractéristiques de l'Australie sont des Mammifères des ordres des Monotrèmes et des Marsupiaux. Les Monotrèmes, représentés par l'ornithorhynque et le fourmilier, sont tout à fait confinés à l'Australie, et non seulement à l'époque actuelle, mais probablement déjà depuis le Tertiaire. Les Marsupiaux, qui ont vécu pendant une longue période sans agression ou compétition de la part d'animaux supérieurs, se sont adaptés à un grand nombre de modes de vie différents, et cette évolution a abouti à un certain nombre de familles qui présentent un parallélisme distinct avec des groupes de Mammifères supérieurs (herbivores, singes, rongeurs, carnivores, insectivores). Parmi eux, les Diprotodontes sont exclusivement australiens à l'heure actuelle et probablement aux époques passées, tandis que les Polyprotodontes sont aussi représentés dans l'Amérique du Sud, mais par une famille, les Didelphyidés, qui n'existe pas en Australie. L'auteur conclut à l'existence d'un centre commun d'origine des Marsupiaux, aujourd'hui disparu, d'où deux séries de formes primitives se seraient répandues à l'est et à l'ouest pour évoluer séparément en Australie et dans l'Amérique du Sud. La faune avicole de l'Australie, excessivement riche, surtout en perroquets, présente également un certain nombre d'espèces particulières à ce continent, parmi lesquelles il faut citer : le casoar, l'ému, l'oiseau-lyre, les Méliphages, etc.

Dans un chapitre sur l'Astronomie et la Géodésie en Australie (ch. VIII), M. P. Baracchi, astronome du Gouvernement du Victoria, expose les travaux astronomiques accomplis : par les navigateurs et les explorateurs, dans un but géographique; par les observatoires permanents du Gouvernement, aujourd'hui au nombre de 5 : Sydney, remplaçant celui de Parramatta (Nouvelle Galles du Sud), Melbourne (qui a succédé à l'Observatoire aujourd'hui disparu de Williamstown, dans le Victoria), Adelaïde, Perth et Brisbane (le Gouvernement du Commonwealth se propose, en outre, d'édifier un observatoire permanent sur le Mont Stromlo, dans le Territoire fédéral, à 11 km. du centre de la capitale fédérale Canberra); par les astronomes amateurs (en particulier par M. Tebbutt dans son observatoire privé de Windsor, N. S. W.); par les expéditions envoyées en Australie pour l'observation de phénomènes astronomiques importants; enfin pour la détermination des longitudes australiennes. Les travaux géodésiques et les triangulations de haute précision ne sont assurés que dans les trois états orientaux : Queensland, Victoria et Nouvelle Galles du Sud; aussi la création d'un Service géodésique fédéral s'impose.

Le chapitre IX, dû à M. G. Sinclair, est consacré au « développement pastoral et agricole de l'Australie ». Les produits de l'industrie pastorale sont : la laine du mouton mérinos, dont l'exportation s'est élevée à 1.696.146 balles, valant plus de 650 millions, en 1912-1913; puis la viande congelée, dont l'exportation a atteint, en 1911-1912, 2.076.208 carcasses de moutons, 1.477.131 carcasses d'agneaux et 648.313 quartiers de bœuf; enfin le beurre, le fromage, le lait et le lait condensé (l'exportation du beurre seul s'est élevée à plus de 115 millions en 1911). Parmi les diverses cultures, il faut citer en première ligne celle du blé, qui s'est développée considérablement, grâce au système du « dry farming » (production : 95 millions de bushels en 1910-11), puis les autres céréales, la luzerne, le tabac, la pomme de terre, les oignons, la canne à sucre, la vigne (qui donne des vins appréciés et des raisins secs), les fruits (en particulier la pomme, qui donne lieu à une forte exportation de la Tasmanie). L'auteur fournit des renseignements intéressants sur les travaux d'irrigation et les puits artésiens, les conditions du travail, l'enseignement agricole.

Après les produits agricoles, les richesses minières (ch. X) sont exposées, état par état, par MM. E. F. Pittman et A. G. Maitland, géologues des Gouvernements de la Nouvelle-Galles du Sud et de l'Australie occidentale. Les principales sont l'or, dont la production est en décroissance depuis quelques années, l'argent et le plomb, le cuivre, l'étain et la houille.

Dans le chapitre XI : Fabriques, développement industriel et commercial, M. G. Lightfoot montre que l'Australie n'est pas seulement un continent agricole et minier, mais encore qu'elle est en passe de devenir un pays industriel. La production des objets fabriqués s'élevait en 1911 à plus de 1.250.000.000 de francs sur une production totale de 4.700.000.000 de francs pour l'ensemble du Commonwealth. Le nombre des usines était alors de 14.455 et celui des employés de 311.772, dont le salaire moyen annuel était de 2.300 francs. Les principales industries sont : la fabrication des textiles et vêtements, la métallurgie, les produits alimentaires, le

travail du bois, la fabrication du papier et l'imprimerie, les matériaux de construction, etc. Ce développement industriel a donné lieu à toute une législation sur les usines, les conditions de travail et la fixation des salaires, qui est l'une des plus complètes et des plus avancées de notre époque. Le commerce total de l'Australie en 1912 s'est élevé à 1.977 millions aux exportations et 1.954 millions aux importations. Dans ce commerce, le Royaume-Uni et ses colonies ont une part d'environ 60 %, les Etats-Unis de 12 %, l'Allemagne de 7 %, la part du Royaume-Uni étant en décroissance par rapport aux autres pays. Le tonnage total des navires de commerce ayant touché les ports australiens en 1911 a été de 9.985.000 tonnes, auxquelles les différents pays ont participé pour les quantités suivantes : Royaume-Uni : 3.001.000 tonnes, Nouvelle Zélande 1.886.000, Allemagne 636.000, Chili 576.000, Etats-Unis 535.000, Afrique du Sud 375.000, Japon 261.000, Inde et Ceylan 243.000, France 239.000. La longueur des chemins de fer exploités, dont la construction a commencé en 1846, atteignait en 1912 16.898 milles pour les lignes d'Etats et 944 pour les lignes des compagnies privées. Mais elles n'ont pas toutes la même largeur de voie : le Queensland, une partie de l'Australie du Sud, l'Australie occidentale, le Territoire du Nord, et la plupart des compagnies privées ont un réseau à voie étroite ; le Victoria et le reste de l'Australie du Sud un réseau à voie large, et la Nouvelle Galles du Sud un réseau à voie moyenne (4 pieds 8 1/2 pouces). Il est probable que l'unification se fera un jour sur cette dernière base ; c'est celle qui a été adoptée pour le chemin de fer transcontinental de 1.790 milles, qui doit relier l'Australie de l'ouest à l'est et dont la construction est commencée.

Dans le chapitre XII: Politique et développement de l'enseignement, M. F. Anderson, professeur à l'Université de Sydney, fait l'historique de l'instruction publique et la description de ses méthodes actuelles dans les six Etats, lesquelles se caractérisent par une centralisation très prononcée. Nous retiendrons quelques détails sur l'enseignement supérieur, assuré aujourd'hui par six universités (une par Etat) : Sydney, fondée en 1850, avec 1407 étudiants en 1911 ; Melbourne (1853, 1129 étudiants), Adélaïde (1876, 621 étudiants), Tasmanie (1890, 147 étudiants), Brisbane (1911, 83 étudiants), Perth (1912, statistique non encore publiée). Ces Universités sont constituées sur le modèle des universités provinciales anglaises, comme celles de Manchester ou de Birmingham.

Le chapitre XIII est consacré par M. W. H. Moore, professeur à l'Université de Melbourne, aux systèmes politiques de l'Australie. Chaque colonie jouit d'un gouvernement autonome constitué suivant le système anglais par un cabinet ministériel et deux chambres législatives. Depuis le 1er janvier 1901, les six colonies ont constitué un « Commonwealth » fédéral, qui possède également son gouvernement et son Parlement, qui s'occupent des intérêts communs de la Fédération, tout en laissant aux états séparés tous leurs droits et leurs privilèges en ce qui concerne leurs intérêts particuliers. Une autre caractéristique de la vie politique de l'Australie, c'est le rapide développement du « Labour Party » dans les différents Etats, lequel a pris en mains à plusieurs reprises le gouvernement.

L'ouvrage se termine (ch. XIV) par quelques notes de M. G. H. Knibbs, statisticien du Commonwealth, sur l'Australie, son peuple et ses activités. Le pays est habité par 4.668.707 habitants, soit 0,6 au km². La population est caractérisée par sa faible mortalité, qui était de 10,95 ‰ en 1911-1912, et sa grande longévité : 56 3/4 % des hommes et 63 1/4 % des femmes y atteignent l'âge de 60 ans, 14 1/3 % des hommes et 21 1/3 des femmes l'âge de 80 ans. D'autres chiffres intéressants sont donnés sur la dette publique, les dépôts dans les banques, les caisses d'épargne, les compagnies d'assurances, les industries, l'immigration, le service postal, etc.

II. Handbooks spéciaux. — Le manque de place ne nous permet de donner que de brèves indications sur les volumes consacrés aux différents Etats.

1. *Handbook for New South Wales.* Il est divisé en deux sections : l'une, relative aux sciences sociales et économiques, renferme 15 chapitres sur l'histoire, la géographie, la législation, la statistique, l'instruction publique, les voies de communication, l'agriculture, l'irrigation ; l'autre, relative aux sciences naturelles, contient sept chapitres relatifs à la zoologie, à la botanique, à l'anthropologie, à la géographie physique, à la géologie, à l'industrie minérale et à l'astronomie. L'Etat de la Nouvelle-Galles du Sud, sur le territoire duquel la colonisation anglaise en Australie a commencé il y a 127 ans par l'établissement de quelques colons à Sydney, est aujourd'hui l'un des plus avancés et des plus prospères.

2. *Handbook to Victoria.* Ce volume s'ouvre par un chapitre sur les différents problèmes qui se posent aujourd'hui et qui attendent une solution scientifique. Puis divers auteurs passent successivement en revue la population et l'émigration, l'instruction publique, le gouvernement local et les travaux publics, les lois sur le travail et les conditions sociales, le défrichement des terres et l'agriculture, l'exploitation forestière, puis les mines et la géologie. L'Etat de Victoria est le plus petit de la Confédération australienne, mais c'est le second au point de vue du nombre d'habitants et le premier pour la densité de la population ; il possède également un haut degré de développement.

3. *Our first half century* (Queensland). Cet ouvrage n'a pas été écrit à proprement parler pour le Congrès de l'Association britannique, mais pour le Jubilé cinquantenaire de l'érection du Queensland en colonie séparée ; il remonte déjà à quelques années. Après un certain nombre de chapitres consacrés à l'histoire de la colonie, à son gouvernement, à ses finances, à l'instruction publique, il faut citer surtout la partie qui s'occupe des industries primaires, au nombre desquelles l'industrie pastorale, l'agriculture, qui a fait d'importants progrès, malgré la sécheresse du climat, grâce au percement de nombreux puits artésiens qui fournissent de l'eau en abondance ; l'industrie sucrière, qui utilise la canne et fournit annuellement près de 200.000 tonnes de sucre ; l'industrie minière, qui exploite de nombreux gisements de métaux, de charbon et de pierres précieuses.

4. *Handbook of South Australia.* Cette colonie se caractérise par son climat, l'un des plus doux et des plus sains du monde, et la diversité des sols, ce qui permet la culture d'un grand nombre de céréales, de fruits (en particulier la vigne) et de légumes. En fait, l'Australie du sud est, proportionnellement à sa population, l'Etat le plus agricole de la Confédération australienne. Il n'est pas dépourvu, cependant, de richesses minérales, qui sont activement exploitées, en particulier des mines de radium. L'ouvrage relatif à l'Australie du Sud est divisé en 5 sections relatives aux institutions civiques, à l'économique, aux industries, au commerce et aux sciences naturelles.

5. *Handbook and Guide to Western Australia.* L'Australie occidentale est le plus grand Etat du Commonwealth, puisqu'il forme presque un tiers du continent, mais c'est aussi le moins peuplé. Sa principale richesse consiste dans ses mines, surtout ses mines d'or qui avaient produit près de 3 milliards à la fin de 1913. Cependant l'agriculture et l'industrie pastorale, confinées à une bande côtière par suite de la sécheresse de l'intérieur, se développent à leur tour, tandis que la pêche de la baleine et des perles est pratiquée sur les côtes. Le Guide donne d'intéressants renseignements sur l'agriculture et le climat, la botanique, la zoologie, la géologie et les mines de la colonie, ainsi que sur quelques établissements scientifiques.

L'ensemble de ces publications[1] est tout particulièrement intéressant à consulter au moment où le Dominion

1. Nous n'avons pas reçu la publication relative à la Tasmanie.

australien fait preuve d'un si beau loyalisme envers la Métropole et apporte aux Alliés le concours apprécié de ses forces militaires et navales.

LOUIS BRUNET.

Trouard-Riolle (Mlle Yvonne). — **Recherches morphologiques et biologiques sur les Radis cultivés.** — *1 vol. in-8° de 244 p. avec 155 fig. Berger-Levrault, éditeur, Nancy*, 1915.

Le mémoire très intéressant de Mlle Trouard-Riolle comprend une introduction, un historique, des recherches morphologiques et botaniques (études morphologiques et botaniques sur les tubercules de Radis cultivés; étude morphologique et botanique des Radis cultivés; les *Raphanus* sauvages), et des recherches biologiques (essais d'amélioration du *Raphanus Raphanistrum;* hybridation chez les *Raphanus;* dégénérescence des Radis cultivés).

Les conclusions de ce travail sont les suivantes: Toutes les variétés de Radis cultivés semblent se rapporter à deux types distincts:

1° Le type *Raphanus sativus* L.;

2° Le type des Radis japonais : *R. sativus forma Raphanistroides* (Makino) ou le *R. acanthiformis* Morel.

Le type *n° 1* renferme quatre petites espèces secondaires, dont quelques-unes sont connues depuis un millier d'années.

Les variétés chinoises contiennent beaucoup plus d'amidon que les variétés japonaises ou européennes.

L'évolution des siliques est beaucoup plus limitée que celle des feuilles, depuis le stade à siliques globuleuses (*R. sativus*) jusqu'au stade *R. sativus f. Raphanistroides* qui se rapproche de *R. Raphanistrum.* On constate dans chaque espèce une certaine fixité dans la structure des fruits, telle que dans le *R. sativus* vrai on n'observe jamais de formes qui permettent de le confondre avec le *R. forma Raphanistroides.*

Ce dernier semble évoluer davantage vers le *R. sativus* vrai.

La forme *R. sativus f. raphanistroides* est spontanée en Chine et au Japon ; la forme *R. sativus* vrai n'a pas, semble-t-il, de représentants spontanés. Elle paraît subspontanée depuis le Caucase jusqu'aux Canaries (Ténériffe). Elle conserve tous ses caractères botaniques et on ne peut l'assimiler à aucune des espèces sauvages connues de *Raphanus.*

En ce qui concerne les parentés entre le *R. sativus* et le *R. Raphanistrum*, Mlle Trouard-Riolle est arrivée aux conclusions suivantes :

1° Il est impossible en quelques générations de transformer le *R. Raphanistrum* en *R. sativus*, si l'on a soin de ne se servir que de graines provenant d'auto-fécondation:

2° Cette transformation est possible si l'on ne se met pas à l'abri de pollen étranger (hybrides entre *R. sativus* et *R. Raphanistrum*). Ces deux plantes peuvent facilement s'hybrider et donnent à la première génération des plantes à caractères intermédiaires;

3° Les croisements entre Radis européens et japonais donnent des croisements comparables;

4° Des croisements entre Radis européens donnent, au contraire, des résultats bien différents;

5° Si l'on fait dégénérer un *R. sativus*, il ne semble pas se rapprocher du *R. Raphanistrum.* Un radis cultivé perd rapidement la faculté de tubériser, mais la forme de ses fruits semble rester absolument fixe.

« Le Radis cultivé ne dérive donc certainement pas du *Raphanus Raphanistrum*, au moins dans les limites des variations historiques ».

L'origine du Radis cultivé semble être double :

1° Les Radis japonais descendent des *R. sativus f. Raphanistroides* spontanés en Chine et au Japon ;

2° Les Radis européens et chinois semblent avoir comme origine un autre type qui a peut-être actuellement disparu. Il a dû croître près du Caucase, et sa culture, d'après de Candolle, se serait répandue à l'est jusque vers la Chine et le Tonkin, à l'ouest jusque vers l'Europe et le nord de l'Afrique. « Sous l'influence des climats différents, la plante aurait acquis des qualités particulières; ces qualités se seraient fixées au cours des âges et leur ensemble aurait servi à distinguer dans la suite les principales variétés de Radis cultivés. »

P. HARIOT,
Assistant au Muséum.

4° Sciences diverses

Denis (Ernest), *Professeur à l'Université de Paris.* — **La Guerre.** CAUSES IMMÉDIATES ET LOINTAINES. L'INTOXICATION D'UN PEUPLE. LE TRAITÉ. — *1 vol. in-18° de 356 p. (Prix : 3 fr. 50). Librairie Ch. Delagrave*, 15, *rue Soufflot, Paris*, 1915.

Ce livre est l'un des plus remarquables qui aient été écrits sur les causes de la guerre actuelle. Œuvre d'un homme qui, sans rester « étranger aux colères et aux enthousiasmes qui, dans ces heures tragiques, soulèvent tous les cœurs français », « n'a pourtant au cœur aucune haine contre l'Allemagne », il expose, en s'appuyant toujours sur des faits incontestés et des témoignages irréfutables, tantôt la lente intoxication qui, malgré certaines forces de résistance pacifique, a créé outre-Rhin une volonté de domination et une fièvre de puissance si intenses qu'elles devaient fatalement aboutir à déchaîner sur le monde la guerre pour l'établissement de l'hégémonie germanique, tantôt les faits politiques qui ont précédé le conflit actuel et d'où ressort avec évidence la responsabilité des Empires du centre dans la préparation de ce conflit et la déclaration de guerre. L'auteur examine, en terminant, les facteurs qui doivent déterminer les conditions du traité que les Alliés dicteront à leurs ennemis et qui sont l'équilibre, le respect des nationalités et la suppression de la paix armée.

W. L.

Giraud (Victor). — **Le Miracle français.** — *1 vol. in-16° de* xxx-*246 p. (Prix : 3 fr. 50.) Librairie Hachette et Cie, Paris*, 1915.

Dans cet ouvrage, l'auteur a rassemblé quelques-unes des pages qui lui ont été inspirées par les prodigieux événements auxquels nous assistons depuis une année.

Les premières, qui ont donné leur titre au livre entier, sont consacrées à peindre cette France de 1914 qui, « par l'élan unanime avec lequel elle a soutenu son rôle, par sa constance dans la mauvaise comme dans la bonne fortune, par la continuité et la diversité de son héroïsme, par son ardeur de sacrifice, par l'obstination patiente de son long effort,... a émerveillé ceux qui l'avaient méconnue, et à ceux qui, la connaissant bien, n'avaient jamais douté d'elle,... a fourni de nouvelles raisons de tendresse, d'espérance et de fierté. »

Si la France de la victoire est digne de la France de la guerre, si l'esprit d'aujourd'hui domine dans la France de demain, « ce sera le véritable *miracle français* ».

Et dans les autres chapitres du livre, soit qu'il s'adresse aux jeunes gens qui sont sur le front, soit qu'il réponde à Maximilien Harden ou à l'article « France » du *Times*, soit qu'il étudie la question d'Alsace-Lorraine dans le roman français contemporain ou d'après un témoignage alsacien, c'est toujours le même sentiment qui anime M. Victor Giraud : « apporter quelque réconfort et des motifs d'espérer à tous ceux qui, même dans les plus sombres jours, ont eu foi dans les destinées de notre admirable pays ».

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 5 Juillet 1915

1° Sciences physiques. — M. **Ziller** : *Coups de foudre sur les lignes télégraphiques.* L'auteur a fait les observations suivantes : 1° Les poteaux des lignes ne supportant qu'un fil sont plus particulièrement sujets à être foudroyés; la situation topographique du poteau ne paraît jouer aucun rôle. 2° Sur les lignes chargées de fils, il n'y a jamais d'accident en ligne courante; seuls sont frappés les poteaux qui servent de point de dérivation à un fil du service de la voie ferrée se détachant de la ligne principale. 3° L'effet du coup de foudre est toujours le même : l'isolateur est décapité avec une cassure nette; le bois du poteau est fendu à partir de l'extrémité inférieure de la console en fer de l'isolateur et la fente va en s'élargissant vers le pied du poteau. Il serait très utile d'introduire, dans le circuit des conducteurs prenant terre dans voisinage de la ligne, un dispositif offrant une self-induction, quelque petite qu'elle soit, qui offrirait une résistance marquée aux courants oscillatoires, sans gêner en rien le courant d'exploitation.

2° Sciences naturelles. — M. **J. Cluzet** : *Procédé simple pour l'examen électrique des paralysies.* L'auteur fait usage d'une série de condensateurs plans, se chargeant directement sur un secteur d'éclairage ou de force, et donnant les capacités de 0,01 à 10 microfarads. 1° Lorsque la décharge des faibles capacités, appliquée sur le tronc nerveux et sur les muscles paralysés correspondants, produit une contraction musculaire normale (c'est-à-dire rapide), la paralysie n'est pas due à une lésion du tronc nerveux, tout au moins dans la partie excitable de celui-ci. 2° Dans les paralysies récentes, il peut arriver que le tronc nerveux soit inexcitable au-dessus de la blessure, tandis que les réactions du muscle sont encore normales : on a alors un signe précoce de lésion nerveuse au niveau de la blessure. 3° Le tronc nerveux étant inexcitable, si les muscles correspondants le sont aussi aux décharges des faibles capacités et s'ils répondent, par une contraction lente, aux décharges des fortes capacités (avec ou sans résistance intercalaire), on a tous les caractères essentiels de la réaction de dégénérescence : la lésion du neurone moteur périphérique est certaine. — MM. **A. Policard** et **A. Phélip** : *Les premiers stades de l'évolution des lésions dans les blessures par projectiles de guerre.* D'une façon générale, à une phase de sidération de 6 heures environ font suite deux processus simultanés et contraires : réaction faible des tissus sains, multiplication active et précoce d'un bacille anaérobie apporté par les débris vestimentaires souillés et dont les produits de sécrétion semblent être extrêmement actifs. Comme conséquences pratiques, il faut que le chirurgien s'efforce d'enlever, le plus tôt possible, au moins les débris vestimentaires; d'autre part, le peu d'intensité des phénomènes réactionnels de défense du côté des tissus sains doit le rendre méfiant quant à l'emploi exclusif des antiseptiques. — M. **Ed. Crouzel** : *Du traitement des plaies récentes par un liquide iodé expansible.* L'auteur a employé avec succès depuis 5 ans, dans les plaies récentes des membres, l'éther iodé à 5 o/o. La pénétration par diffusibilité de ce liquide est infiniment plus rapide et plus considérable que celle de la teinture d'iode; il suffit de le projeter sur les plaies superficielles; dans les plaies profondes, on l'injecte jusque dans les profondeurs. — M. M. **Gard** : *Un genre de Légumineuses-Papilionacées nouveau pour la cyanogenèse* (genre *Ornithopus* L.). L'auteur a constaté la présence d'un composé cyanogénétique dans les feuilles, fleurs et fruits des *Ornithopus compressus* et *perpusillus*; les *O. roseus* et *ebracteatus* en contiennent également de faibles quantités. — M. **H. Pénau** : *Cytologie du* Bacillus verdunensis *n. sp.* L'étude de ce bacille, trouvé dans l'eau d'un puits de Verdun, corrobore les recherches précédentes de l'auteur sur la présence, dans les bactéries endosporées, d'un noyau net, transitoire, comme dans les *Bacillus mycoides* et *anthracis*, auquel fait suite un noyau diffus, un chromidicien, tandis que dans le *B. megatherium*, au contraire, ces deux formations nucléaires coexistent pendant toute la durée du développement. L'évolution du *B. verdunensis* présente d'ailleurs de très grandes analogies avec celle du charbon. — M. **Billon-Daguerre** : *Sur un mode de soutirage des liquides en lames minces, dans le cas de stérilisation par les rayons ultraviolets.* Au lieu de puiser l'eau à stériliser en un point quelconque du liquide, dans lequel il se produit toujours un certain remous, le puisage a lieu à la surface même de la lampe, point précis où l'action stérilisante acquiert son maximum. Ce puisage est opéré à l'aide d'un tube en quartz pur et transparent, en forme de T, faisant fonction de pipette; cette pipette porte une fenêtre horizontale sur laquelle vient s'appuyer la lampe.

Séance du 12 Juillet 1915

1° Sciences physiques. — MM. **Em. Bourquelot**, **M. Bridel** et **A. Aubry** : *Recherches sur la glucosidification de la glycérine par la glucosidase α.* De même que la glucosidase β, la glucosidase α agit sur le mélange de glycérine et de glucose en donnant des produits qui n'ont pu être isolés à l'état cristallisé, mais qui paraissent être constitués par deux glucosides dont l'un aurait un pouvoir rotatoire supérieur à +129° et l'autre un pouvoir rotatoire inférieur à +120°. — M. **P. Petit** : *Quelques observations sur l'amylase du malt.* On peut obtenir une solution de diastase conservant plusieurs semaines son activité constante de la manière suivante : le malt réduit en poudre fine est infusé 24 h. avec de l'acétone étendue d'eau (30 à 35 °/o d'acétone en volume); on filtre et on conserve à l'obscurité. L'action de la lumière est nocive et se traduit par un accroissement d'acidité et une diminution de pouvoir diastasique. En précipitant l'infusion filtrée par un excès d'éther et d'acétone (1 : 2), séparant le précipité par décantation au bout de 24 heures et laissant sécher dans le vide, on obtient la diastase solide, qui permet de préparer des solutions actives et très pures.

2° Sciences naturelles. — M. M. **Tiffeneau** : *Comparaison des diverses adrénalines et de leurs homologues d'après leur action sur la pression artérielle chez le chien atropinisé.* L'auteur a constaté qu'il suffit d'atropiniser le chien chloralosé pour obtenir, avec les diverses adrénalines, des tracés de la pression artérielle qui présentent tous sensiblement la même allure et dont la comparaison par superposition est des plus probantes. Par cette méthode, l'auteur a reconnu que l'adrénaline lévogyre, naturelle ou synthétique, se montre 15 ou 20 fois plus active que son isomère dextrogyre. — MM. **F. Bordas** et **S. Bruère** : *Contribution à l'étude des phénomènes de la putréfaction.* Les auteurs ont recherché si l'enfouissement des cadavres dans le fumier en accélère la décomposition. Ils ont constaté que 456 heures de séjour dans du fumier frais ont suffi à liquéfier 620 gr. de matière organique, par la seule action des germes extérieurs à l'animal enfoui. — M. **J. Deprat** : *Mode de formation de deux centres volcaniques japonais, l'Aso-San et l'Asama-Yama, comparés à*

des centres volcaniques d'âges géologiques anciens. L'Aso-San, énorme centre volcanique de l'île de Kiu-shu, formé d'un vaste cône surbaissé de 50 km. de diamètre en moyenne, avec un cratère central de 20 km., paraît posséder une structure exactement semblable au grand centre volcanique de l'Anglona en Sardaigne. L'Asama-Yama, autre volcan constitué par la croissance de plus en plus considérable d'un dôme d'andésite, explosant violemment par intervalles à sa partie terminale, trouve son analogue dans le dôme trachytique du Monte Ferru, en Sardaigne, qui a dû fonctionner d'une façon identique. — M. **D. Eginitis** : *Sur les phénomènes géologiques observés pendant les deux derniers sismes de Leucade et d'Ithaque.* Le tremblement de terre du 27 novembre 1914 a eu pour effet la formation, sur un grand nombre d'endroits de Leucade, de crevasses pouvant atteindre 0,3 m. de largeur sur une longueur de 3 km., puis d'affaissements et d'abaissements du sol marin, en particulier à Nydri. On a observé aussi de nombreuses et légères crevasses et quelques petits affaissements sur plusieurs endroits de l'île d'Ithaque après le grand sisme du 27 janvier 1915. Ces manifestations sont la suite des grands phénomènes géologiques qui ont séparé l'île de Leucade de la Grèce continentale.

Séance du 19 *Juillet* 1915

1° Sciences physiques. — MM. **Ch. Eug. Guye** et **Ch. Lavanchy** : *Vérification expérimentale de la formule de Lorentz-Einstein par les rayons cathodiques de grande vitesse.* Les auteurs, par leurs mesures sur les rayons cathodiques de grande vitesse, ont vérifié avec une très grande exactitude la formule de Lorentz-Einstein sur la variation de l'inertie en fonction de la vitesse. La répartition à peu près indifférente des écarts positifs et négatifs, jointe au grand nombre des déterminations effectuées, semble bien indiquer que la formule de Lorentz-Einstein représente une loi très exacte, que des déterminations même individuellement plus précises ne parviendraient pas aisément à mettre en défaut. — M. **G. Lemoine** : *Catalyse de l'eau oxygénée en milieu homogène avec les acides et les alcalis.* L'auteur a reconnu que la décomposition de H^2O^2 est retardée par les acides et accélérée par les alcalis dans des proportions numériques très considérables. L'action retardatrice des acides peut se rattacher à l'affinité des acides pour l'eau, l'influence accélératrice des alcalis à la formation d'un bioxyde. — M. **E. Fleurent** : *A propos du pain destiné aux prisonniers de guerre.* En général, ce pain arrive moisi par suite de l'action de l'humidité de l'air pendant la longue durée du voyage. Pour éviter cet inconvénient, l'auteur recommande de fabriquer le pain comme suit : la pâte est préparée à la manière ordinaire, puis placée pour la fermentation dans des bannetons parallélépipédiques d'une contenance d'environ 1 kilog; au moment de la cuisson, la croûte sera maintenue lisse, et la cuisson devra être plutôt un peu prolongée, de façon à obtenir une stérilisation parfaite. Au sortir du four, chaque pain encore chaud est enveloppé successivement dans deux feuilles de papier fort (papier sulfurisé, dit « parchemin », de préférence) en contrariant les fermetures de pliage, puis ficelé. Cela fait, lorsque la température du four est descendue à 120°-130°, les pains empaquetés y sont logés de nouveau et abandonnés pendant 15 à 20 minutes. Défournés définitivement, ils peuvent, après refroidissement, être expédiés en prenant les précautions d'usage. Du pain préparé ainsi a pu être conservé pendant plus d'un mois dans une cave sombre et humide sans altération; il reste tendre et devient simplement rassis.

2° Sciences naturelles. — M. **E. Vasticar** : *Les formations nucléaires des cellules auditives externes et de Deiters.* L'auteur signale, dans le noyau des cellules auditives externes, une sorte de bâtonnet cylindrique de longueur variable, implanté dans le pôle céphalique du noyau et incliné vers l'axe du limaçon. L'extrémité libre du bâtonnet est en rapport direct de contiguïté avec la surface basale du cône endoplasmique qui coiffe généralement la plus grande partie de l'hémisphère céphalique du noyau. Les cellules de Deiters offrent une formation nucléaire très analogue à la précédente; le siège du bâtonnet y est le même, mais son orientation est inverse : il est incliné en dehors de l'axe de l'organe. — M. **L. Roule** : *Sur les Poissons abyssaux de la famille des Brotulidés dans l'océan Atlantique nord.* L'auteur décrit deux espèces nouvelles de cette famille et une troisième imparfaitement identifiée, d'après les exemplaires dragués par le Prince de Monaco dans l'Atlantique nord. Ces espèces et les autres déjà connues, créées pour un petit nombre et souvent pour un exemplaire unique, auront peut-être besoin d'être revisées, s'il était démontré que les représentants abyssaux de la famille des Brotulidés ont une capacité de variation individuelle plus étendue que la moyenne des Poissons.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 6 *Juillet* 1915

M. Maurice de Fleury : *L'abus des antiseptiques et le pansement à l'eau de mer.* L'auteur a reconnu que l'emploi constant de l'eau de mer ramenée à l'isotonie, utilisée sous forme de lavages très abondants, puis de mèches et de compresses imbibées, constitue un mode de pansement de premier ordre pour la plupart des traumatismes de guerre. L'eau de mer est recueillie au large à 3 ou 4 mètres de profondeur dans des touries stérilisées, puis, pour plus de sûreté, portée à l'ébullition pendant 20 minutes et filtrée avec soin. **M. Ch. Monod** signale que son fils a obtenu les mêmes résultats, dans un service du front, avec de l'eau salée à 14 ‰. — **M. A. Gautier** : *La ration actuelle du soldat en campagne.* L'auteur rappelle que la ration de guerre du soldat français ne développe que 3.200 calories environ, alors que 3.900 calories en moyenne sont nécessaires à l'ouvrier ou au laboureur au travail dans nos régions. Pour remédier à l'insuffisance de cette ration, il ne convient pas d'augmenter la viande, qui est déjà trop abondante, mais plutôt les légumes (en conserves) et spécialement le vin, dont la ration pourrait être portée de 25 à 75 centilitres de vin à 10° par jour. Cette boisson, à la fois excitante et nutritive, permet mieux que tout autre aliment de produire tout à coup le travail intensif de l'attaque ou de la défense.

Séance du 13 *Juillet* 1915

M. Grimbert : *Rapport sur les mesures à prendre contre l'envahissement de la thérapeutique par les produits médicamenteux d'origine étrangère.* Le rapporteur propose d'émettre les vœux suivants : 1° que la loi de 1857 sur les marques de fabrique soit modifiée de manière qu'aucune dénomination simple donnée à un produit chimique médicamenteux défini ne puisse devenir à *perpétuité* une propriété privative au profit de son auteur; 2° qu'un moyen soit trouvé de sauvegarder *pendant un temps limité* les intérêts légitimes de l'inventeur de ce produit médicamenteux. — L'Académie adopte à l'unanimité, avec quelques modifications, les conclusions du Rapport de M. Gilbert Ballet sur les mesures à prendre contre l'alcoolisme (voir p. 449).

Séance du 20 *Juillet* 1915

M. L. Landouzy : *Note sur 600 injections antityphoïdes.* L'auteur a pratiqué au Dispensaire Léon Bourgeois 600 injections antityphoïdes, avec le vaccin Vincent, toutes contrôlées au point de vue des phénomènes objectifs et subjectifs survenus après chacune des 4 inoculations faites à chaque sujet. Toute personne indemne d'affection du poumon, du cœur ou des reins, aseptiquement vaccinée, pour peu qu'elle ne se surmène pas, qu'elle ne s'alcoolise pas, supporte d'ordinaire un minimum d'ennuis et de malaises, très souvent inférieurs à ceux qu'occasionne la vaccination jennérienne. En cas

de douleur localisée, de malaise général, de courbature, de frissons et de fièvre, les complications sont de peu de durée. Dans aucun cas l'auteur n'a observé d'irritation cutanée, de lymphangite ou de phlegmon, encore moins d'abcès ou d'érisypèle. — M. le Dr **Pétrovitch** : *Sur le traitement de la fièvre typhoïde par l'homosérothérapie dans l'armée serbe.* Au cours de la guerre actuelle, l'auteur a employé la méthode homosérothérapique au traitement de la fièvre typhoïde dans l'armée serbe. Le sérum était emprunté soit à des convalescents de la maladie, soit à des sujets immunisés par vaccination préventive. Sur 487 malades traités par cette méthode, 21 ont succombé, ce qui fait une mortalité de 4,3 %, alors que 1020 cas de fièvre typhoïde traités, en même temps, par les moyens habituels ont donné un chiffre de mortalité de 12,8 %. Dans une trentaine de cas, un peu de vaccin antityphique fut ajouté à l'homosérum; ce traitement mixte donna des résultats encore plus favorables.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 10 Juillet 1915

M. **J. Salkind** : *Le filtre chromoscopique.* L'auteur décrit un procédé permettant de voir, colorés sur fond blanc, les objets microscopiques transparents et incolores. Le « filtre chromoscopique » qu'il emploie est essentiellement constitué par un disque de verre (de celluloïd ou même de papier calque) de dimensions qui lui permettent d'être introduit dans l'emplacement *ad hoc* de l'appareil d'Abbe. Ce disque est uniformément coloré et percé en son centre d'une ouverture ronde. Grâce au filtre, les rayons les plus obliques du condensateur sont des rayons de couleur; ils sont réfléchis et réfractés par l'objet et pénètrent dans le microscope; en même temps, le fond de la préparation reste incolore, car le milieu de montage n'envoie dans l'objectif que les rayons blancs du faisceau central. — M. **R. Weismann** : *Accidents graves consécutifs aux piqûres de méduses. Intervention de l'anaphylaxie.* L'auteur a observé sur lui-même, à la suite d'un bain de mer où il avait éprouvé de nombreuses piqûres de méduses, survenant trois semaines après un autre bain pris dans des conditions analogues, des accidents graves caractérisés par une forte brûlure des jambes, de la gêne respiratoire intense avec angoisse, une violente courbature dorso-lombaire et de la raideur de la nuque. Ces troubles ont disparu dans la journée, sauf la cuisson locale et la courbature qui ont persisté plus longtemps. L'auteur estime qu'il a subi une véritable intoxication anaphylactique. — M. **J. Nageotte** : *Evolution du mode de groupement des neurites dans les cicatrices nerveuses.* L'auteur montre que, dans les cicatrices des nerfs tout au moins, les fibres nerveuses se multiplient par division longitudinale. Le premier phénomène de ce processus consiste dans l'apparition d'une membrane de Schwann propre autour de certains neurites, avant même le développement de la myéline; puis elle englobe et sépare du reste une portion de protoplasma hyalin, munie de noyaux. A une phase plus avancée, tout le protoplasma des travées névrogliques se trouve utilisé pour la formation : 1° de gaines individuelles appartenant aux jeunes fibres à myéline; 2° de gaines communes appartenant aux paquets de jeunes fibres amyéliniques qui ont pu se trouver incluses dans les faisceaux de régénération; 3° de gaines vides semblables à celles qui bourgeonnent à l'extrémité des fibres dégénérées dans le bout inférieur du nerf. Après quoi la membrane de Schwann commune disparaît et le tissu conjonctif pénètre dans les interstices. — M. **P. Mazé** : *Le ferment forménique et la fermentation de l'acétone.* L'auteur établit que la fermentation forménique, caractérisée par une production de CO^2 et de formène, est due à un microbe strictement anaérobie assez semblable à une sarcine. Cette fermentation succède généralement à une fermentation butyrique et a pour but de détruire tous les produits résultant de cette dernière (ou d'une autre fermentation quelconque) : acides fixes et volatils, alcools, hydrogène. La sarcine productrice de formène est donc très étroitement associée à d'autres microbes. L'auteur est parvenu à obtenir des cultures pures de ferment forménique sur un milieu approprié, et avec celles-ci il a étudié la fermentation forménique de l'acétone, qui donne naissance à un mélange de CO^2 et CH^4 avec un peu d'hydrogène. — M. **M. Lisbonne** : *Coagulation des liquides d'ascite par le chloroforme.* Les liquides d'ascite ne coagulent pas spontanément, quoique pourvus de fibrinogène; il faut leur ajouter du sérum frais ou des leucocytes. L'auteur a constaté que le chloroforme possède la propriété de faire coaguler ces liquides après quelques minutes d'agitation avec une baguette de verre. Il croit que le chloroforme jouit au plus haut degré de la propriété thromboplastique, bien supérieur, à ce point de vue, à la poudre de verre ou au précipité d'oxalate de Ca.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section de Londres

Séance du 7 Juin 1915

M. **A. Philip** : *Les valeurs de démulsification des huiles minérales lubrifiantes employées dans les turbines à vapeur.* Depuis l'introduction de l'emploi de la turbine à vapeur avec un système de lubrification forcée, on a éprouvé beaucoup de troubles par suite de la formation d'émulsions des huiles de graissage avec l'eau. Ces troubles sont de trois sortes : 1° Une émulsion d'huile et d'eau peut se comporter comme un semi-solide et ne pas s'écouler d'une façon satisfaisante à travers le système de lubrification. 2° L'eau présente dans ces émulsions contient fréquemment des sels en solution, qui peuvent provoquer la corrosion électrolytique des paliers des arbres. 3° Enfin l'émulsification est la cause d'une perte sérieuse de lubrifiant. Il est donc nécessaire de pouvoir déterminer à l'avance si une huile est capable de résister à l'émulsification. Dans ce but, l'auteur a construit un appareil spécial, consistant essentiellement en un agitateur mû par un moteur électrique à une vitesse définie pendant un temps déterminé. Il tourne dans un mélange de 500 cm^3 d'huile avec 500 cm^3 d'eau distillée à 100° C. Après agitation, le mélange est versé dans un verre gradué, où il se sépare à la longue en trois couches : une couche d'huile au-dessus, une couche d'émulsion intermédiaire et une couche d'eau au fond. Au bout de 24 heures, on lit le volume d'huile qui s'est séparé, et son pourcentage par rapport au volume d'huile initial placé dans l'appareil mesure le pouvoir de l'huile de résister à l'émulsification : c'est l'*indice de démulsification.* L'expérience a montré qu'un grand nombre d'huiles minérales possèdent un indice de démulsification supérieur à 90 %, et que dans ce cas elles n'occasionnent aucun trouble par formation d'émulsions dans les systèmes de lubrification forcée. L'auteur a reconnu, d'autre part, que l'addition à une bonne huile minérale lubrifiante de 1 % d'une huile combustible non distillée, ou d'une huile grasse peut abaisser considérablement son indice de démulsification. Dans les raffineries, il faut donc éviter d'employer les mêmes tuyaux pour la circulation des différentes sortes d'huiles.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 30 Janvier 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **Jan de Vries** : *Systèmes de cercles, qui sont déterminés par un faisceau de sections coniques.* Examen de quelques propriétés des deux systèmes doublement infinis de cercles osculateurs et bitangents des sections coniques d'un faisceau. — M. **W. de Sitter** : *Sur la forme de la planète*

Jupiter. Il résulte des calculs de l'auteur que la forme de la surface de la planète peut être considérée comme purement ellipsoïdale.

2° Sciences physiques. — M. **H. A. Lorentz** : *Le principe d'Hamilton dans la théorie de la gravitation d'Einstein*. Simplification de certaines parties des théories de la gravitation et de la relativité d'Einstein, en partant d'un principe de variation étroitement lié au principe d'Hamilton. — M. **J. P. Kuenen** : *Sur le coefficient de diffusion des gaz et le coefficient de viscosité de mélanges gazeux*. Application de la théorie de la persistance du mouvement moléculaire de Jeans au calcul de la viscosité d'un mélange de deux gaz. — MM. A. F. Holleman et J. D. van der Waals présentent un travail de Mlle **Ada Prins** : *Sur l'existence de points critiques terminaux dans le système éthane-naphtalène*. Recherches faites en vue de l'examen d'un second système binaire, présentant les mêmes propriétés que le système éther-anthraquinone, étudié en 1905 par M. Smits. Bien que le système éthane-naphtalène ne réalise pas toutes les conditions voulues, il présente néanmoins certaines particularités qui justifiaient un examen approfondi. — MM. **Ernst Cohen** et **W. D. Helderman** : *L'allotropie du cadmium*. V. Détermination, au moyen d'un élément de concentration, de la chaleur de transformation de Cd (α) en Cd (γ). En cherchant par extrapolation la température à laquelle cette chaleur s'annulle, les auteurs trouvent que le point de transformation métastable entre ces deux variétés de cadmium est 49°,8 C. — MM. **Ernst Cohen** et **W. D. Helderman** : *Remarque relative à notre travail sur l'allotropie du plomb*. I.

3e Sciences naturelles. — M. **G. A. F. Molengraaff** : *Sur des nodules manganeux dans les sédiments de mer profonde mésozoïques de Bornéo, Timor et Rotti ; leur signification et leur mode de formation*. La découverte de ces nodules manganeux est importante, parce qu'elle prouve que des dépôts abyssaux ont contribué à la formation de l'écorce terrestre à des époques géologiques fort reculées, ce que la grande analogie entre la vase à Radiolaires des dépôts modernes et les radiolarites alpines par exemple rendait déjà probable. Ces concrétions manganeuses sont, en effet, tout aussi caractéristiques pour les dépôts de mer profonde que les squelettes de Radiolaires. — MM. J. K. A. Wertheim Salomonson et C. Winkler présentent un travail de M. **S. de Boer** : *Sur le rythme cardiaque*. Recherches faites sur des cœurs de grenouilles, dont l'excitabilité et la conduction de l'excitation sont modifiées par la vératrine. Etude de l'intervalle a-v et de l'état réfractaire. Les contractions cardiaques ont été enregistrées mécaniquement au moyen d'un kymographe et électriquement au moyen du galvanomètre à corde. La vératrine a été administrée sous forme d'acétate.

J.-E. V.

Séance du 27 Février 1915

1° Sciences physiques. — MM. H. A. Lorentz et P. Zeeman présentent un travail de M. **H. Tetrode** : *Détermination théorique de la constante d'entropie des gaz et des liquides*. Détermination de la constante a dans la formule de l'entropie d'un gaz parfait :

$$S = C_p \log T - R \log p + a + C_p,$$

par calcul direct de la tension de vapeur suivant la mécanique statistique classique, pour des températures relativement élevées. La connaissance des propriétés thermodynamiques à basse température de la phase condensée est nécessaire ; pour l'état solide ces propriétés sont connues. L'auteur trouve non seulement une confirmation directe de formules données antérieurement, mais en même temps il a pu établir pour les gaz et les liquides (à haute température) la définition de probabilité applicable à la détermination de l'entropie. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **P. Ehrenfest** : *Sur des phénomènes d'interférence que l'on peut prévoir dans le passage des rayons Roentgen par un gaz diatomique*. Considérations suggérées par les expériences de Friedrich, dans lesquelles un faisceau de rayons Roentgen traversant un corps amorphe donne des anneaux d'interférence. L'auteur développe la théorie de ces anneaux dans le cas d'un gaz diatomique. — MM. **Ernest Cohen** et **S. Wolff** : *L'allotropie du potassium*. I. Expériences montrant que le potassium aussi peut se transformer en une forme allotropique (potassium β) et que le potassium du commerce est, comme le sodium, à la température ordinaire un complexe métastable des deux modifications. — M. **F. A. A. Schreinemakers** et Mlle **W. C. de Baat** : *Combinaisons de l'anhydride arsénieux*. I. Examen du système ternaire H^2O-As^2O^3-NH^3 à 30°. — MM. Ernst Cohen et P. van Romburgh présentent un travail de MM. **R. H. Kruyt** et **Jac. van der Spek** : *Sur la relation entre la valeur limite et la concentration des sols du trisulfure d'arsenic*. Il était à prévoir qu'avec des cations monovalents, dont la valeur limite est relativement élevée, cette valeur limite varierait peu avec la concentration, mais qu'elle augmenterait avec la concentration pour des cations bivalents, et encore plus pour des cations trivalents. Les résultats des recherches confirment cette prévision. — M. **A. F. Holleman** et Mlle **J. M. A. Hoeflake** : *Sur la nitration de quelques dérivés du phénol*. Quelques résultats de recherches sur la nitration d'éthers phényliques. — MM. A. P. N. Franchimont et S. Hoogewerff présentent un travail de M. **R. A. Weerman** : *Action de l'hypochlorite de sodium sur des amides d'oxacides α. Un nouveau mode de destruction des sucres*. Recherches prouvant que la méthode de réduction d'amides d'acides non-saturés α-β à l'état d'aldéhydes contenant un atome de carbone en moins (décrite par l'auteur en 1909) s'applique également à la destruction d'amides d'oxacides α. — MM. C. A. Pekelharing et J. K. A. Wertheim Salomonson présentent un travail de M. **J. R. Katz** : *La formation de l'empois d'amidon est-elle un processus à équilibre, régi par la loi de l'action des masses ?* Contrairement à l'opinion courante, la transformation de l'amidon en empois n'est pas essentiellement un phénomène irréversible. Le processus a une limite, qui dépend de la température. Cette limite est d'autant plus élevée que la quantité d'eau est plus grande : la loi d'action de masse semble donc intervenir. C'est une réaction à équilibre, s'effectuant avec absorption de chaleur.

2° Sciences naturelles. — MM. J. K. A. Wertheim Salomonson et H. Zwaardemaker présentent un travail de M. **S. de Boer** : *Sur le rythme cardiaque*. II. La bigéminie du cœur après intoxication par la vératrine peut prendre naissance de trois façons : 1° comme transition entre le rythme normal et le rythme réduit de moitié ; 2° par un retard alternant dans les systèmes conducteurs entre les diverses parties du cœur ; 3° par accumulation d'extrasystoles après mise à l'arrêt des systèmes conducteurs entre le sinus veineux et l'oreillette. — MM. J. P. van der Stock et C. Lely présentent un travail de M. **P. H. Gallé** : *Sur la relation entre les changements dans les vents alizés de l'océan Atlantique et les variations du niveau des eaux et de la température des eaux dans les mers septentrionales de l'Europe*. Le niveau des eaux et la température des mers du nord de l'Europe, ainsi que leur degré de salure, subissent une variation périodique annuelle avec minimum au printemps et maximum en automne. Cette périodicité semble être en rapport avec l'intensité des vents alizés du nord-est.

J.-E. V.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE Nos 17-18 15-30 SEPTEMBRE 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Physique

L'extension du spectre au delà de la région de Schumann. — La limite violette du spectre déterminée par observation directe à l'œil se trouve aux environs de 4.000 unités Angström; avec un prisme de verre et des lentilles, le spectre peut être suivi photographiquement jusqu'à la longueur d'onde 3.000 à peu près; avec un système en quartz ou un réseau à réflexion, la limite peut être poussée jusque vers la longueur d'onde 1.850. Victor Schumann a montré que l'absorption de l'air et de la gélatine de la plaque photographique est la cause de la terminaison abrupte du spectre[1]. En employant un spectroscope au vide et une plaque photographique spéciale dont l'émulsion contient très peu de gélatine, il a pu pousser ses observations jusqu'à la longueur d'onde 1.230. En ce point, il a été arrêté par l'opacité de la fluorine qui constituait ses lentilles.

M. Th. Lyman[2], qui a poursuivi les recherches de Schumann dans ce domaine, a d'abord employé un spectroscope au vide contenant un réseau de diffraction concave disposé de telle manière que le trajet de la lumière depuis la source jusqu'à la plaque photographique est entièrement dans un gaz. En employant de l'hydrogène à la pression de 2 ou 3 mm. et une forte décharge disruptive dans un tube en quartz pourvu d'électrodes de tungstène, M. Lyman parvint à étendre le spectre jusqu'à la longueur d'onde 900.

Ses recherches lui ayant montré qu'il ne pouvait rien attendre de plus de l'emploi de l'hydrogène, il tourna son attention vers l'hélium. Par l'emploi de ce dernier exempt d'azote, sous une pression de 2 à 3 mm., avec un appareil perfectionné et une pose de dix minutes, il est arrivé à observer un certain nombre de lignes nouvelles du spectre, dont la plus réfrangible a une longueur d'onde de 600. Ces résultats ont été obtenus avec un réseau divisé au speculum et avec des plaques photographiques préparées exactement suivant les indications de Schumann.

Sur les spectres ainsi produits, l'auteur a pu faire les observations suivantes : La ligne 1216 est proéminente dans le spectre de l'hydrogène; c'est le premier membre d'une série prédite théoriquement par Ritz. Les deux membres suivants ont été trouvés près des longueurs d'onde 1.026 et 972. Avec l'hydrogène, on les aperçoit le plus facilement en se servant de la décharge disruptive; mais avec de l'hélium contenant cette trace d'hydrogène qu'il est si difficile d'en éliminer, elles se présentent fortement avec le simple courant alternatif d'un transformateur à 60 périodes. C'est une bonne illustration de la façon dont se comporte l'hélium, car une atmosphère de ce gaz semble souvent faciliter la production des spectres des autres gaz qui s'y trouvent à l'état d'impuretés. En décharge non condensée, il semble que toutes les lignes observées avec l'hélium se trouvent également dans l'hydrogène. C'est seulement avec la décharge disruptive que les nouvelles lignes du côté le plus réfrangible de la longueur d'onde 900 font leur apparition; on les observe dans l'hélium seulement et au nombre de 7 à 8.

La longueur d'onde des rayons X, déterminée par MM. Bragg, est de l'ordre d'une unité Angström. Il y a donc un intervalle d'environ 600 unités entre la région des rayons Röntgen ordinaires et la limite atteinte par M. Lyman. Ce dernier essaie actuellement de restreindre l'étendue de cet intervalle.

§ 2. — Chimie physique

Les compressibilités des éléments et leurs relations avec les autres propriétés. — Il y a quelques années déjà, M. T. W. Richards, professeur à l'Université Harvard, et quelques-uns de ses collaborateurs[1], avaient déterminé les compressibilités de 35 éléments, rapportées à celle du mercure, alors douteuse. Les derniers travaux de Bridgman et ceux de Richards

1. *Revue gén. des Sciences*, t. V, p. 324.
2. *Proc. of the National Acad. of Sciences*, t. I, n° 6, p. 368; juin 1915.

1. *Public. Carnegie Instit. Washington*, n° 76 (1907).

et de ses élèves ayant fixé cette dernière avec une grande précision, les compressibilités de ces 35 éléments et de 3 autres étudiés depuis ont pu être établies en valeurs absolues[1]. Sous le terme de compressibilité, M. Richards entend la variation fractionnaire moyenne de volume causée par l'application d'une pression d'une mégabarye, entre 100 et 500 mégabaryes, rapportée au volume de la substance non comprimée. Les valeurs trouvées, qui varient de 0,000.000.3 pour le bore à 0,000.061 pour le césium, sont représentées (multipliées par 10^6) par la courbe inférieure de la figure 1.

Dans cette même figure, on a représenté par des courbes d'autres propriétés des mêmes éléments qui présentent avec la compressibilité d'intéressantes relations. qui donne des résultats assez concordants pour la plupart des éléments. Ceux qui s'en écartent le plus (Si, P, S, C) sont également ceux qui s'écartent de la loi de Dulong et Petit.

M. Richards montre le rapport de cette équation empirique avec les idées formulées récemment par Gruneisen sur la théorie moléculaire des corps solides, bien que cette dernière ne s'applique qu'aux éléments monoatomiques. D'après ce savant, une substance solide monoatomique fond toujours quand son volume augmente d'une fraction définie δ au-dessus de celui qu'il occupe au zéro absolu; autrement dit, $(v_m - v_0)/v_0 = \delta = 0{,}08$ environ, où v_m est le volume atomique au point de fusion et v_0 le volume atomique au zéro ab-

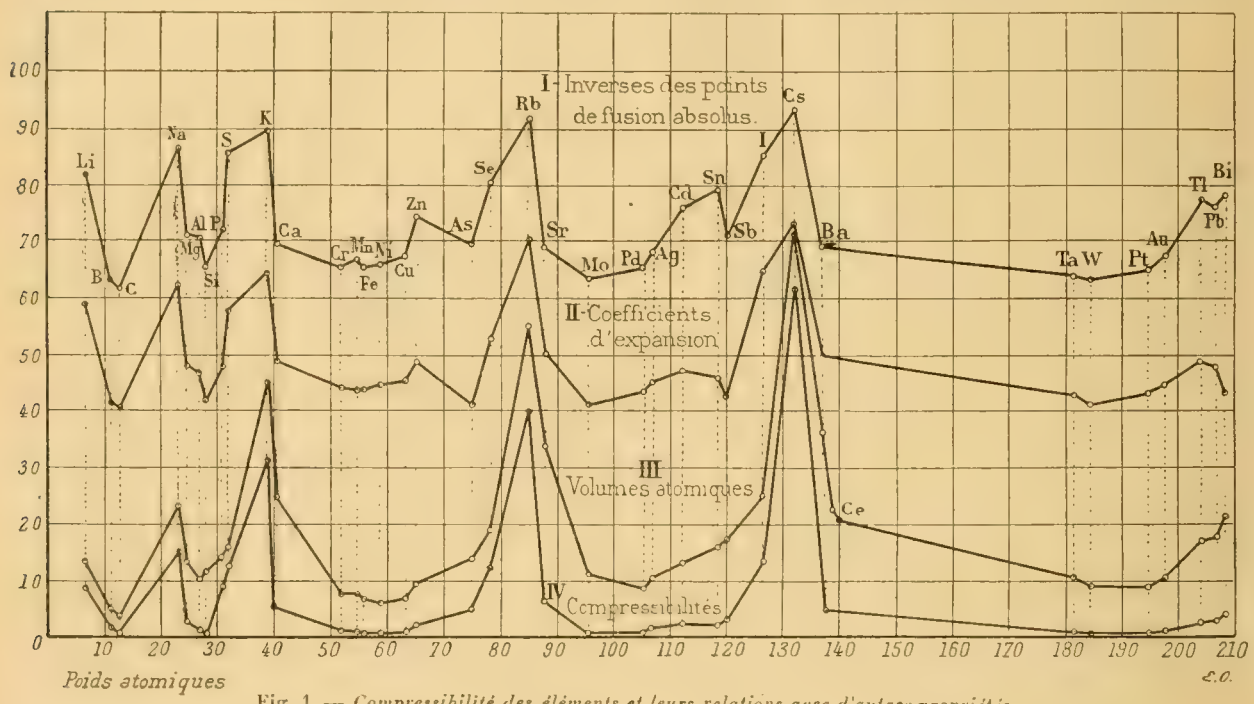


Fig. 1. — *Compressibilité des éléments et leurs relations avec d'autres propriétés.*

Ce sont : les volumes atomiques, les coefficients de dilatation cubique (sous la forme $300.000\ \alpha + 40$) et les inverses des points de fusion absolus, sous la forme $(10.000/T_m) + 60$.

L'examen de ces courbes montre immédiatement que, d'une façon générale, les solides possédant de grands volumes atomiques ont de grandes compressibilités. D'autre part, les éléments à faibles points de fusion possèdent de grands coefficients de dilatation. En outre, les deux courbes supérieures, de même que les courbes inférieures, présentent des pointes pour les métaux alcalins et des vallées pour les métaux plus lourds.

Ces quatre courbes suggèrent l'existence d'une relation fondamentale entre toutes ces propriétés, et leur parallélisme étroit a engagé M. Richards à chercher une connexion mathématique entre elles. Après de nombreuses tentatives, il est arrivé à l'expression générale :

$$\beta = K f_1(A)/f_2(D) f_3 T_m,$$

où β est la compressibilité, A le poids atomique, T_m le point de fusion absolu, D la densité et f_1, f_2, f_3 des fonctions variées des quantités en question. La plus simple des formes pratiques qui puissent être données à cette expression paraît être la suivante :

$$\beta = 0{,}000\,21\ \frac{A}{D^{1/25}(T_m - 50^\circ)},$$

solu. De cette hypothèse, Gruneisen tire une équation pour la compressibilité de l'élément au zéro absolu, qui est mise par M. Richards sous une forme où elle offre de très grandes analogies avec l'équation empirique ci-dessus, cette dernière étant cependant plus exacte.

§ 3. — Chimie

Un procédé simple de purification du mercure. — Après un usage plus ou moins prolongé, il est rare que le mercure ne soit pas plus ou moins souillé par des poussières ou des oxydes métalliques ou par la présence de métaux étrangers : Zn, Cu, Pb, Sn, etc. Dans les laboratoires qui ne disposent que de quantités restreintes de mercure, on est donc amené très souvent à le purifier.

Lorsqu'il ne s'agit que de poussières ou de crasses non solubles dans le mercure, il est très facile de les éliminer par un moyen mécanique, dont le filtrage à travers un tissu serré ou une peau de chamois est le plus connu. Mais le filtrage est parfaitement inefficace dans le cas de métaux en dissolution. Il faut alors recourir aux méthodes chimiques : par exemple, traitement par l'acide azotique dilué et réduction du sous-nitrate formé. Ces méthodes sont loin de fournir toute garantie quant à la pureté du produit obtenu; aussi recourt-on le plus souvent à un procédé physique : la distillation du mercure, de préférence dans le vide. Mais en général plusieurs distillations successives sont nécessaires avant d'obtenir le métal pur et doit-on partir d'un mercure

1. *Journ. of the Amer. Chem. Soc.*, t. XXXVII, n° 7, p. 1643-1656; juillet 1915.

déjà purifié en grande partie par un ou plusieurs des procédés précédents.

M. C. Margot, assistant au Laboratoire de Physique de l'Université de Genève, vient de remettre en lumière[1], en le perfectionnant notablement, un vieux procédé, purement chimique, et peu connu malgré son efficacité. Il consiste à faire traverser le mercure par un courant d'air, dont l'effet est d'oxyder les métaux tenus en dissolution. Le perfectionnement consiste à chauffer le mercure pendant le barbotage d'air, en partant de la supposition que l'oxydation des métaux étrangers serait alors singulièrement activée. L'expérience a justifié cette prévision, la durée de l'opération du nettoyage ayant été réduite dans de grandes proportions.

L'appareil employé par M. Margot est simplement formé d'un tube de fer, de 1 m. 60 de longueur, d'un diamètre intérieur de 3 cm. (simples tuyaux et raccords à gaz non zingués). Le volume intérieur de l'appareil est suffisant pour traiter une dizaine de kilogrammes de mercure en une seule fois. Aux deux extrémités de ce tube sont fixées normalement deux tubulures plus étroites; l'une est mise en rapport avec la trompe d'aspiration, l'autre est surmontée d'un entonnoir en verre pour l'introduction du mercure. A la partie médiane est adaptée une troisième tubulure en fer qui est destinée à recevoir un thermomètre. L'appareil est tenu légèrement incliné entre deux supports de laboratoire, de manière à pouvoir aisément pivoter sur son axe dans les pinces de serrage, ce qui permet d'extraire facilement le mercure par un simple retournement. — Afin d'éviter une rentrée d'eau, par suite d'un arrêt accidentel de la trompe, on intercale dans le circuit d'aspiration un gros flacon à deux tubulures. Celui-ci a, en outre, l'avantage de recueillir les oxydes qui se forment et les traces de mercure qui peuvent accidentellement passer si l'aspiration est trop énergique.

Le chauffage de l'appareil se fait au moyen d'un brûleur Bunsen installé entre la tubulure inférieure d'entrée de l'air et le thermomètre; on effectue le réglage pour que la température se maintienne aux environs de 150 à 160°. La mise en marche est des plus simples; on règle le débit de la trompe à eau jusqu'à ce qu'on perçoive nettement le clapotement produit par le barbotage de l'air; la température s'égalise, soit par suite de la conductibilité de l'enveloppe métallique et du mercure, soit par le brassage énergique que subit ce dernier.

Deux modes d'opérer sont à considérer selon la nature du mercure à purifier. Si celui-ci est peu souillé, c'est le cas le plus fréquent, l'opération peut être aisément effectuée dans le cours de la journée. Il suffit alors, après refroidissement, de déconnecter le caoutchouc d'aspiration, de retourner l'appareil comme il est indiqué plus haut et de recueillir le mercure dans un flacon par la même tubulure qui a servi à l'introduire. On peut l'utiliser tel quel; néanmoins il est préférable, afin d'éliminer toute trace d'oxyde, de le filtrer par un des procédés connus : entonnoir effilé ou peau de daim. Il est évident que le lavage et le séchage sont superflus.

Le second cas, plus rare, se présente lorsque le mercure contient un pourcentage notable de métaux étrangers. Le barbotage d'air à chaud est dans ce cas tout particulièrement efficace, car il permet de purifier en peu de temps une masse considérable de mercure, à la seule différence près qu'il faut au bout de deux à trois heures arrêter le fonctionnement. Il se forme, en effet, par suite de l'oxydation rapide des métaux étrangers, une émulsion volumineuse constituée d'oxydes et de mercure finement divisé qui risque d'obstruer la tubulure et le caoutchouc d'aspiration. On extrait le mercure de l'appareil comme il est dit plus haut, et, tenant ce dernier verticalement, on fait, en secouant quelque peu, tomber l'émulsion par une des tubulures. L'appareil étant de nouveau installé, on recommence l'opération primitive. Quant à l'émulsion, il est nécessaire de la traiter à l'acide nitrique, pas trop dilué, pour que le mercure se rassemble, et après lavage et séchage, cette quantité, minime d'ailleurs, peut être de nouveau introduite dans l'appareil.

M. Margot a pu par ce procédé purifier complètement à plusieurs reprises une dizaine de kilogrammes de mercure abominablement souillé de métaux étrangers, spécialement par du plomb, de l'étain, du cuivre et du zinc. Quant à la durée de l'opération, on peut admettre dans ce dernier cas que vingt-quatre heures de fonctionnement sont suffisantes pour obtenir du mercure suffisamment purifié pour les usages courants. Si l'on augmente la durée du barbotage d'air à chaud, la purification sera poussée plus loin, le mercure présentera alors toute sécurité pour des travaux de haute précision. En résumé, cette méthode est d'un fonctionnement rapide, elle ne nécessite qu'une seule opération et offre une sécurité très grande quant à la pureté du produit obtenu. La construction de l'appareil est des plus économiques, puisqu'elle n'exige que quelques bouts de tuyaux et raccords en fer, que l'on trouve chez tous les installateurs pour l'eau ou le gaz.

1. *Archives des Sc. phys. et nat.*, t. XXXVIII, p. 46.

§ 4. — Technologie

La doura comme succédané du blé dans la panification. — Nous avons déjà signalé ici les essais tentés par M. E. Maurel en vue de substituer une certaine quantité de farine de riz à la farine de froment dans la fabrication du pain[1]. Le Professeur Gasperini, chef du Bureau d'Hygiène de la Ville de Florence, à l'instigation de M. A. Caselli, vient de se livrer à des expériences analogues en employant de la farine de froment mélangée à de la farine de doura (*Sorghum vulgare*)[2].

La graine de doura qui a servi aux expériences de panification est de la variété *feterita* blanche, très répandue en Egypte et au Soudan anglo-égyptien. On en importe des quantités notables en Europe, où elle est destinée à différents usages : en Autriche, à l'alimentation de la volaille et des veaux; en Angleterre, à la fabrication de l'alcool, de l'amidon, de la bière et à l'alimentation du bétail.

La blancheur presque parfaite du grain le rend très apte à la panification. La farine est de qualité excellente, fine, veloutée, d'un beau blanc tirant sur le rose; elle fut mélangée à raison de 25 % avec de la bonne farine de froment. Le pain obtenu était gonflé, léger; la croûte en était unie, de couleur jaune-brun, dure et friable, complètement adhérente à la mie; celle-ci était d'une couleur uniforme, spongieuse, riche en petits yeux de forme ronde, légère et moelleuse; la saveur en était excellente, supérieure à celle des autres pains préparés avec une addition de riz, de seigle ou de pommes de terre à la farine de froment.

L'analyse d'un échantillon de ce pain a donné les résultats suivants : amidon 50,79 %; cendres 1,66; matière grasse 0,44; matières azotées 8,33; eau 35,23; cellulose (par différence) 3,55. Il n'y a pas de très grandes différences avec la composition du pain de froment pur.

L'auteur conclut à la grande supériorité de la doura sur tous les autres succédanés du froment, en particulier le maïs qui a donné lieu à de nombreuses expériences en Italie. Sa farine a l'avantage de contenir moins de son que celle de froment, et par suite davantage de fleur (environ 79 %).

§ 5. — Géologie

La question des engrais de potasse et les gisements de sels potassiques de l'Alsace. — Avant la guerre, les engrais de potasse utilisés par l'agriculture provenaient, presque en totalité, des mines de Stassfurth (Allemagne). Toutes relations ayant cessé

1. *Rev. gén. des Sciences* du 30 mai 1915, t. XXVI, p. 295.
2. *L'Agricoltura Coloniale*, t. IX, nos 4-5, p. 217-227; avril-mai 1915.

avec l'Allemagne, les agriculteurs des pays en guerre avec cette nation peuvent se trouver plus ou moins embarrassés, actuellement, pour composer des formules chimiques d'engrais complets. Il convient donc d'examiner l'importance des ressources qui peuvent s'offrir présentement, comme après la victoire de nos armées, pour subvenir aux besoins des cultures en engrais de potasse. On sait que les seules sources de potasse, indépendamment des gisements de Stassfurth, sont le salpêtre ordinaire ou nitrate de potasse, les vinasses de betteraves, les eaux-mères des marais salants, les cendres de bois, les cendres de varechs, desquelles on extrait la potasse industriellement.

Nos salines, jusqu'ici concurrencées par Stassfurth, ont presque toutes renoncé à livrer des chlorures de potassium; elles pourront sans doute s'en préoccuper pour les prochaines campagnes, mais il ne faut pas trop escompter cette ressource, pour le moment.

On devra donc chercher la potasse, soit dans les engrais organiques, qui en renferment plus ou moins, suivant leur provenance, soit dans le nitrate de potasse importé des Indes, d'Egypte ou d'autres pays d'Extrême-Orient. On pourra s'adresser également au carbonate de potasse, que l'on extrait de la mélasse de sucrerie calcinée, et qui fournit un engrais dosant 43 à 45 °/o de potasse directement assimilable par les plantes, et par suite d'un effet immédiat. En outre, grâce à son alcalinité, ce sel exerce une action efficace sur la matière organique du sol. Mais ce carbonate de potasse ne doit pas être mélangé au superphosphate ni au sulfate d'ammoniaque.

La potasse organique, moins riche que le carbonate de potasse, est extraite de certains végétaux; elle contient 1 à 2 °/o d'azote et 12 à 14 °/o de potasse pure.

Des expériences relativement récentes, faites aux Etats-Unis, laissent entrevoir la possibilité de s'adresser à une nouvelle source d'engrais potassiques. L'agriculture américaine importe des quantités considérables d'engrais potassiques, notamment de potasse allemande, et elle cherche à se soustraire aux fluctuations des cours. Le problème qu'ont voulu résoudre les chimistes américains consiste à fabriquer sur place de la potasse utilisable, en partant des silicates naturels (feldspath, orthose, leucite, etc.). MM. A. S. Cushman et G. W. Coggeshall en ont donné diverses solutions au Congrès de Chimie appliquée de New-York, en 1912.

Cette fabrication rappellerait, jusqu'à un certain point, celle du ciment artificiel; c'est même, dit-on, cette dernière qui paraît l'avoir inspirée. Dans des fours chauffés au pétrole ou avec un autre combustible, on traite des mélanges de feldspath potassique broyé, de chaux et de sel gemme. Ces mélanges sont préparés soit à l'état sec, soit à l'état humide, sous forme de briquettes qui, une fois cuites, sont pulvérisées, pour être vendues en poudre, comme engrais. Les résultats obtenus ont été fort encourageants. Si cette méthode américaine tient toutes ses promesses, la nouvelle industrie des engrais de potasse basée sur le traitement des feldspaths peut avoir devant elle de vastes perspectives et pourra rendre à l'agriculture les plus grands services.

En ce qui concerne l'apport de potasse dans les terres, les agriculteurs ne doivent pas perdre de vue — tout au moins pour le temps de guerre — que, si les engrais de potasse leur faisaient absolument défaut, ils auraient la possibilité de tourner la difficulté en ajoutant à toutes les fumures un peu de plâtre, qui *mobilise* la potasse du sol, ainsi que l'ont démontré les expériences classiques de P. P. Dehérain à Grignon. Il résulte d'expériences plus récentes, faites en Angleterre et en Suisse, que les nitrates paraissent jouer un rôle analogue. Ces observations sont à retenir particulièrement, car, dans les circonstances actuelles, ces facteurs d'enrichissement du sol en potasse ne sont pas négligeables.

Voilà pour la situation présente.

Quant à l'avenir, on sait que la pressse a fait grand bruit autour des opérations militaires en Alsace, dans la région — puissamment fortifiée par les Allemands — où se trouve la forêt de Nonnenbrück, dite « taillis des Nonnes », entre Cernay et Mulhouse, car c'est là que se trouvent, dans l'Oligocène (terrain tertiaire), les gisements de sels potassiques découverts en 1904, lesquels gisements forment un banc de plus de 20.000 hectares, limité à l'est par Mulhouse, au nord par Radersheim, au sud par Keiningen, à l'ouest par Cernay, avec siège d'exploitation à Wittelsheim, au nord de Mulhouse. Il y a là une source inépuisable de potasse; aussi, quand l'Alsace sera redevenue terre française, trouverons-nous dans les sels de Wittelsheim tous les engrais potassiques nécessaires à nos cultures. La superficie totale du gisement supérieur occupe 84 millions de mètres carrés, celle du gisement inférieur 172 millions. L'épaisseur moyenne de la couche de sel gemme atteint 241 mètres. La couche supérieure est pure; sa hauteur moyenne est de 1 m. 164; celle du banc inférieur est de 4 m. 15 (le gîte se rencontre au centre du bassin, à 650 mètres environ de la surface), ce qui correspond à un volume d'environ 38 millions de mètres cubes. Déduction faite des nappes intercalaires de schiste, l'épaisseur moyenne de la couche inférieure atteint 3 m. 51, ce qui correspond à 603 millions de mètres cubes. Le cubage total représente donc 701 millions de mètres cubes, qui, à raison de 2,1 tonnes au mètre cube, forment une masse de 1.472.580.000 tonnes de minerai, soit, pour une moyenne de 22 °/o de K^2O, un approvisionnement de 300 millions de tonnes de potasse pure. C'est une immense richesse, encore que, cependant, l'évaluation fixée à 120 milliards de francs par la presse quotidienne ait été exagérée, au moins de moitié. En effet, au cours normal de la potasse, les 300 millions de tonnes de potasse pure du bassin de Wittelsheim représenteraient une valeur de près de 60 milliards de francs. En tablant sur le chiffre de la consommation mondiale, en supposant qu'il restât le même que ce qu'il est actuellement, le bassin alsacien pourrait couvrir les demandes, subvenir aux besoins de l'agriculture pendant près de cinq siècles, exactement quatre cent quatre-vingt-treize ans. A elle seule, la mine Amélie (gisement de Cernay), la première forée en Alsace, peut fournir annuellement 90.000 quintaux de potasse pure, ce qui correspond à une extraction journalière de 150 tonnes ou 15 wagons; on estime qu'elle pourrait alimenter la consommation mondiale actuelle en sels de potasse pendant soixante-dix ans.

Les gisements alsaciens sont d'un rendement régulier, et leurs produits sont estimés bien au-dessus de tous ceux de l'Allemagne. Ils appartiennent à des capitalistes allemands et spécialement à la Reichsbank. La Gewerkschaft Amélie, qui exécuta 130 sondages au nord de Colmar et obtint la concession de 19.000 hectares, est arrivée à produire 300 tonnes durant l'été, 500 à 600 et parfois 800 tonnes en pleine saison. Avec ses filiales Max Elsen, Joseph, Marie et Marie-Louise, elle a été absorbée par le puissant groupe des Deutsche Kaliwerke. Le bassin est soumis en outre à trois autres groupes : le Wintershall, dont dépendent les mines Theodor et Prinz Eugen (3.200 hectares) où la teneur des sels est de 25 °/o de chlorure de potassium; le groupe Hohenzollern, dont les bancs sont de moindre épaisseur; et le groupe alsacien-français, fondé par l'exploitation du domaine de Kali Sainte-Thérèse, acquéreur de la majorité des parts dans les groupements Alex et Rudolf, possédant 6.000 hectares.

Les sels qui constituent les gisements potassiques de l'Alsace sont les suivants : Sel gemme (NaCl), Sylvine (KCl), Carnallite ($MgCl^2$, KCl, 6 H^2O), Anhydrite ($CaSO^4$), Gypse ($CaSO^4$, 2 H^2O), Kiesérite ($MgSO^4$, H^2O), Kaïnite ($MgSO^4$, KCl, 3 H^2O), Polyhalite ($MgSO^4$, 2 Ca SO^4, K^2SO^4, 2 H^2O), Sylvinite (mélange de sel gemme et de sylvine). On désigne sous le nom de *Hartsalz* (sel dur) des mélanges de sel gemme, kiesérite et sylvine, ou de sel gemme, sylvine et anhydrite; c'est ce dernier mélange que l'on rencontre dans le gisement alsacien.

Les sels bruts de Wittelsheim se distinguent des sels bruts de l'Anhalt et de l'Allemagne du Nord par une

plus grande richesse en potasse et par une composition différente. Tandis que ces derniers, du type Kaïnite, renferment des quantités considérables de sulfate de magnésie et quelquefois de sulfate de potasse, les sels bruts de Wittelsheim se rattachent au type sylvinite qui contient 26,3 °/o de chlorure de potassium, soit 17,4 °/o de potasse pure, et 56,7 °/o de chlorure de sodium. Ces sels sont vendus, comme les kaïnites, avec une teneur garantie de 12,4 °/o en potasse pure, et ils en renferment parfois davantage[1].

C'est la sylvinite qui constitue le principal minerai alsacien; sa teneur en chlorure de potassium descend rarement à 10 et s'élève parfois jusqu'à 80 °/o; les variations sont de 20 à 68 °/o. La couche inférieure du gisement de Wittelsheim contient 84,56 °/o de sylvinite. La pureté de ces minerais permet à l'agriculture de les employer directement, après broyage, mais ils sont contre-indiqués dans les cultures sensibles au chlore (la culture du tabac, par exemple).

On constate, dans les sels de Wittelsheim, la présence de quantités plus ou moins grandes de carbonate de chaux provenant d'argiles calcaires, qui se trouvent dans les gisements. Plus la teinte est grise et l'apparence terreuse, plus la proportion de calcaire est élevée. M. Paul Muller observe que l'on n'a pu éliminer cette gangue calcaire, lors de l'extraction, ou qu'on l'a ajoutée à dessein sous forme de poudre, pour ramener la teneur élevée du sel de Wittelsheim au niveau de la teneur en potasse des kaïnites, ceci dans l'intérêt des exploitants. Si ces sels peuvent être mélangés sans inconvénient avec des scories de déphosphoration en vue de l'emploi sur les prairies, ou avec du nitrate de soude, par contre il faut éviter d'associer les sels de Wittelsheim avec des superphosphates ou du sulfate d'ammoniaque, car le carbonate de chaux peut insolubiliser l'acide phosphorique soluble des superphosphates, et le mélange de sulfate d'ammoniaque et de sels potassiques contenant du calcaire en grande quantité entraîne une perte d'ammoniaque. Cela indique que, pour fabriquer des engrais composés, il faut n'employer que des sels de potasse dépourvus de calcaire.

Que la terre d'Alsace redevienne terre française, grâce au succès de nos armes, et en prenant possession de ces gisements de sels potassiques, la France aura déjà obtenu de l'Allemagne un gage sérieux, une respectable indemnité de guerre.

Henri Blin.

§ 6. — Physiologie

La ventilation et les effets du grand air et du vent sur les échanges respiratoires. — D'après une théorie qui compte encore un grand nombre de partisans, les mauvais effets de l'air confiné doivent être attribués : 1° à l'appauvrissement de l'air en oxygène; 2° à la présence d'un excès de gaz carbonique; 3° à la présence d'un poison organique volatil, exhalé pendant la respiration.

Le Professeur Leonard Hill, de la Société Royale de Londres, chargé par le Local Government Board d'étudier à nouveau cette importante question, vient de lui présenter une série de Rapports, écrits en collaboration avec le Dr M. Flack, qui aboutissent à des conclusions nettement différentes[2].

Dans une première partie, les auteurs critiquent d'abord l'interprétation précédente. Ils montrent, en premier lieu, que l'oxygène n'est jamais diminué de plus de 1 °/o environ dans les chambres les plus encombrées, car les fentes et les ouvertures laissent toujours passer l'air extérieur. Une telle diminution n'a pas d'importance physiologique. De nombreuses populations vivent et travaillent sans inconvénients pour leur santé à des altitudes où la pression propre de l'oxygène est considérablement moindre qu'elle ne peut l'être dans la chambre la plus encombrée. En second lieu, l'augmentation de la teneur en CO^2 dans les espaces confinés n'est jamais très élevée; on a trouvé au maximum 0,365 centième de ce gaz dans une réunion nombreuse. Or les recherches physiologiques montrent que cet excès ne peut pénétrer dans la circulation, le centre respiratoire maintenant constante la proportion de CO^2 dans l'air des alvéoles pulmonaires; le seul effet d'une augmentation de la pression de CO^2 dans l'air est une accélération de la ventilation pulmonaire; mais, à la dose ci-dessus, elle est inappréciable. Enfin, en ce qui concerne l'existence d'un poison organique dans l'air expiré, bien qu'elle ait été souvent avancée, elle n'a jamais été prouvée d'une façon irréfutable, et les expériences des auteurs n'ont pu parvenir à la mettre en évidence.

Les bases manquent donc à la théorie chimique; par contre, MM. Hill et Flack signalent de nombreux faits qui tendent à établir que les effets nocifs des atmosphères confinées sont dus principalement à trois autres causes : l'élévation de la température, l'excès de vapeur d'eau et l'immobilité de l'air.

On sait, en effet, que la chaleur et l'humidité augmentent très rapidement dans les endroits surpeuplés. Si l'on enferme des sujets dans des chambres expérimentales closes, en s'arrangeant pour y maintenir la température et l'humidité peu élevées, les sujets ne sont pas incommodés, même après un séjour de plusieurs heures; si, au contraire, on laisse la température et l'humidité croître naturellement, les sujets éprouvent un malaise marqué, alors même qu'on leur fait respirer l'air extérieur au moyen d'un tube. D'autre part, des sujets placés à l'extérieur de la pièce et respirant, à travers un tube de prise, l'air confiné de cette pièce ne sont nullement incommodés. La mise en marche d'un ventilateur à l'intérieur de la chambre procurait aussitôt un soulagement aux sujets en expérience.

C'est donc à l'humidité, à la stagnation et à la température qu'il faut rapporter les mauvais effets des locaux surpeuplés, et les efforts des ingénieurs pour le chauffage et la ventilation devront être dirigés de façon à rafraîchir l'air et à rafraîchir le corps des personnes en tenant l'air en mouvement au moyen de ventilateurs.

Au moyen d'un thermomètre spécial qu'ils nomment *catathermomètre*, MM. Hill et Flack se sont livrés à une série d'expériences des plus intéressantes, relatives aux effets de la température extérieure et du mouvement de l'air ambiant sur la température qui règne sous les vêtements au contact de la peau et sur les échanges respiratoires. Voici les conclusions générales auxquelles ils aboutissent :

Les effets du plein air tiennent à l'action de l'air en mouvement sur la peau. La mauvaise influence des villes et des lieux surpeuplés tient uniquement à ce que le soleil y pénètre peu et l'air y circule mal. Il semble qu'on ne tire aucun avantage du séjour en plein air si l'atmosphère est calme et surchargée d'humidité. S'exposer à une telle atmosphère produit une sensation de froid, mais n'entraîne pas une augmentation du taux des échanges.

Les lieux les plus sains sont ceux où les échanges sont portés au maximum par le mouvement de l'air. Les sanatoria ne doivent pas être placés dans des endroits abrités, de telle sorte que l'air y soit calme et surchargé d'humidité. Il n'est pas judicieux d'entourer les maisons suburbaines d'arbres qui entretiennent autour d'elles un air calme et humide. L'atmosphère des pièces surchauffées où l'air est immobile amoindrit l'activité corporelle et la résistance contre les maladies infectieuses.

Ces conclusions sont en faveur des écoles de plein air, des ateliers ouverts, des jardins publics et de tous les moyens par lesquels on peut offrir aux travailleurs sédentaires des exercices en plein air, pour contrebalancer les effets de leur séjour prolongé dans des atmosphères chaudes et calmes.

1. Paul Muller : *Journal d'agriculture pratique*, 1913, t. I, page 89; t. II, page 9.
2. *Bulletin mensuel de l'Office internat. d'Hygiène publ.*, t. VII, n° 5, p. 776; mai 1915.

LES RADIATIONS DES ATOMES EXPLOSIFS

Il est aujourd'hui bien établi que les substances radio-actives subissent des transformations spontanées et que leurs radiations caractéristiques — les rayons α, β et γ — accompagnent la désintégration actuelle des atomes. La transformation de chaque atome résulte d'une explosion atomique d'un caractère excessivement violent, et libère en général une énergie plusieurs millions de fois plus grande qu'une masse égale de matière dans la réaction chimique la plus vigoureuse.

Dans la majorité des cas, l'explosion atomique est accompagnée de l'expulsion d'un atome de matière — une particule α — à une vitesse très élevée. On sait que la particule α est un atome d'hélium qui porte deux charges positives unité et quitte l'atome avec une vitesse d'environ 16.000 kilomètres par seconde. Dans quelques transformations, aucune particule α n'est rejetée; elle est alors remplacée par une particule β rapide ou électron. Ces rayons β emportent avec eux une grande quantité d'énergie, car dans quelques cas ils sont expulsés avec une vitesse très proche de celle de la lumière, ce qui est la limite de vitesse possible pour de telles particules. L'expulsion des particules β à grande vitesse est généralement accompagnée de l'apparition de rayons γ, qui correspondent à des rayons X, mais de pouvoir pénétrant supérieur au plus grand qui ait jamais été obtenu dans un tube à rayons X, même en employant un voltage élevé. L'émission d'énergie sous la forme de rayons γ n'est pas négligeable, car dans quelques cas elle est supérieure à celle qui est émise sous forme de particules β à grande vitesse, et elle peut s'élever par atome à au moins 20°/₀ de l'énergie libérée sous forme de particule α rapide.

Par l'application d'un voltage élevé à un tube à vide, il est possible de produire des types de radiation analogues à ceux qui dérivent spontanément du radium. Par exemple, si l'hélium est l'un des gaz résiduels du tube, quelques-uns de ses atomes se chargent et sont lancés d'un mouvement rapide dans le champ électrique élevé. Toutefois, pour leur communiquer une vitesse égale à la vitesse d'expulsion d'une particule α, du radium C par exemple, il faudrait, même dans le cas le plus favorable, appliquer au tube une différence de potentiel de près de 4 millions de volts. D'une façon semblable, pour mettre en mouvement un électron avec une vitesse de 98°/₀ de celle de la lumière, 2 millions de volts au moins seraient nécessaires.

Comme nous l'avons vu, il n'a pas encore été possible de produire, avec un tube à vide, des rayons X aussi pénétrants que les rayons γ. L'étude des radiations des substances radioactives présente donc un intérêt spécial, non seulement à cause des informations qu'elle fournit sur la structure des atomes eux-mêmes, mais encore en procurant aux chercheurs des types spéciaux de radiation d'intensité plus grande que celle qui peut être obtenue par les méthodes expérimentales ordinaires. L'énorme énergie de mouvement des particules α et β rapides doit exister dans l'atome avant sa désintégration, soit sous forme potentielle, soit sous forme cinétique, et elle peut provenir ou du passage des particules chargées à travers les champs électriques intenses de l'intérieur de l'atome, ou du mouvement très rapide de ces particules à l'intérieur de l'atome avant leur mise en liberté. Dans tous les cas, il n'y a aucun doute que des champs électriques, et peut-être des champs magnétiques, d'une intensité considérable existent dans le très petit volume occupé par la structure essentielle de l'atome — champs dont l'intensité est des millions de fois plus grande que celle que nous pouvons espérer produire dans des expériences de laboratoire.

Pour expliquer certains résultats expérimentaux, j'ai suggéré l'hypothèse que la masse principale de l'atome est concentrée dans un petit volume ou noyau, possédant une charge positive, et de dimensions excessivement faibles en comparaison du diamètre de l'atome. Ce noyau chargé est entouré d'une distribution d'électrons qui peut s'étendre à des distances comparables au diamètre de l'atome, tel qu'on l'entend ordinairement. L'évidence générale indique que les particules α et les particules β primaires sont expulsées du noyau, et non de la portion extérieure de l'atome.

Si c'est bien le cas, la vitesse de la particule α, qui porte une charge positive, sera accrue par son passage à travers le champ répulsif élevé qui entoure le noyau; d'autre part, la particule β, qui porte une charge négative, doit être retardée dans sa fuite du noyau et doit posséder une grande énergie initiale pour s'échapper. Il ne paraît pas douteux que les rayons γ pénétrants ont leur origine dans une espèce de perturbation des anneaux d'électrons les plus proches du noyau, et ne représentent pas, comme quelques-uns l'ont supposé, les vibrations du noyau lui-même.

I. — Les rayons α

Dans un travail récent en collaboration avec Robinson, j'ai déterminé avec exactitude la vitesse d'expulsion des particules α de certaines substances radio-actives. Nous y sommes arrivés en mesurant la déviation d'un faisceau de rayons α dans des champs magnétiques et électriques forts. A l'aide de sources intenses de radiation, on trouve que la valeur de e/m — rapport de la charge à la masse de la particule α — est de 4.820 unités, valeur qu'on peut prévoir si l'hélium a un poids atomique de 4 et porte deux charges unité. Cette expérience montre aussi que la masse de la particule positive expulsée n'est pas affectée d'une façon appréciable par son mouvement rapide. D'après ces données, la vitesse initiale d'expulsion des particules α de toutes les autres substances radio-actives peut être déduite avec exactitude.

Si l'expulsion d'une particule α d'un atome est le résultat d'une explosion interne, on doit s'attendre, par analogie avec le tir d'un canon, à ce que l'atome résiduel recule dans une direction opposée à la particule expulsée. L'existence de ces atomes « en recul » peut être démontrée de diverses façons, car la vitesse du recul est suffisante pour forcer les atomes à quitter la surface sur laquelle ils sont déposés et à traverser une couche d'air considérable à la pression de 1 millimètre avant qu'ils ne soient arrêtés. On doit admettre que le moment d'un atome qui recule est égal et opposé à celui de la particule α expulsée. Comme la déviation d'une particule chargée en mouvement dans un champ magnétique est inversement proportionnelle à son moment, la déviation d'un essaim d'atomes en recul doit être la même que pour les particules α si les atomes portent une charge identique. M. Makower a examiné la déviation d'un pinceau d'atomes en recul dans un champ magnétique et l'a trouvée exactement la moitié de celle due à une particule α, ce qui prouve définitivement que les atomes en recul ne portent plus qu'une unité de charge positive, au lieu de deux pour la particule α.

Nous voyons donc que la simple application du moment nous permet de déduire la masse et l'énergie des atomes en recul. Comme la masse des atomes radio-actifs est environ 50 fois celle de la particule α, la vitesse, et aussi l'énergie, du recul n'est donc que le 1/50e environ de celle de la particule α expulsée. D'une façon analogue, on peut montrer que l'éjection d'une particule β rapide cause un vigoureux recul de l'atome, quoique moins marqué que dans le cas de la particule α plus massive.

II. — Les rayons β

Dans ces dernières années, notre connaissance du mode d'émission des particules β par les atomes radio-actifs a fait de notables progrès. Les travaux de Baeyer, Hahn, Meitner, Danysz ont montré que les rayons β d'une substance radio-active comme le radium B ou le radium C contiennent un certain nombre de groupes définis de rayons qui sont expulsés avec des vitesses définies. On le constate le mieux photographiquement en examinant la déviation d'un pinceau de rayons β dans un champ magnétique. Dans un champ uniforme, chacun des groupes de rayons décrit une trajectoire circulaire, dont le rayon est inversement proportionnel au moment de la particule β. Par l'application de méthodes spéciales, on a pu obtenir un véritable spectre des rayons β. Avec le concours de M. Robinson, j'ai étudié soigneusement le spectre des rayons β du radium B et du radium C : il présente un grand nombre de bandes bien marquées, dont chacune représente un groupe de rayons β expulsés avec une vitesse identique. On a d'abord cru que la plus grande partie de l'énergie des rayons β était comprise dans ces groupes, car quelques-unes des bandes étaient fortement marquées sur la plaque photographique. Mais Chadwick a montré récemment que la fraction des rayons qui donne un spectre de lignes ne représente que quelques pour cent de la radiation totale.

D'une façon générale, la radiation β des substances radio-actives forme un spectre *continu*, dû à des rayons β de toutes les vitesses possibles, sur lequel se superpose un spectre de *lignes* dû à un petit nombre de particules β de vitesse définie comprises dans chaque groupe.

On a observé des lignes dans le spectre de rayons β pour des particules atteignant une vitesse peu éloignée de celle de la lumière, mais l'effet photographique des particules devient relativement faible pour des vitesses aussi élevées.

On sait, par des mesures directes, que chaque atome de radium B ou de radium C, dans sa désintégration, émet *en moyenne* une particule β. Dans le spectre de rayons β du radium C, on observe au moins 50 bandes définies, différant beaucoup d'intensité. Il est clair qu'un seul atome, en se désintégrant, ne peut fournir une particule β pour *chacun* de ces groupes nombreux. Il faut donc conclure que chaque atome n'émet pas une radiation β identique. Les résultats s'expliquent le mieux en supposant que le spectre de rayons β est l'effet statistique dû à un grand

nombre d'atomes, dont chacun peut seulement donner naissance à un ou deux groupes dans sa désintégration. Sous ce rapport, une transformation à rayons β se distingue d'une transformation à rayons α, car dans ce dernier cas chaque atome émet une particule α de vitesse caractéristique. On verra plus loin qu'il y a sans doute une connexion très étroite entre l'émission des rayons β et γ par les atomes radio-actifs; l'explication probable du spectre complexe de rayons β sera discutée alors.

A l'exception d'un élément, le radium E, et peut-être de l'uranium X, toutes les substances radio-actives qui émettent des rayons β primaires donnent un spectre de lignes. Pour la majorité des éléments, les lignes fortes dans le spectre de rayons β ont été déterminées par Baeyer, Hahn et Meitner; mais des sources plus intenses de radiation seront nécessaires pour fixer exactement la position des lignes plus faibles.

III. — Les rayons γ

Les premières expériences sur les rayons γ se sont bornées en général à une détermination de l'absorption des radiations les plus pénétrantes par différentes sortes de matières.

Toutefois, on a reconnu de bonne heure que plusieurs de ces radiations paraissaient complexes, comme le montrent les anomalies dans la partie initiale de la courbe d'absorption. Pendant ce temps, les travaux de Barkla faisaient progresser notablement nos connaissances sur les rayons X. Ce savant a trouvé que, dans certaines conditions, chaque élément, bombardé par des rayons X de pouvoir pénétrant convenable, donne naissance à une forte radiation qui est caractéristique pour chaque élément : les éléments les plus légers, de l'aluminium à l'argent, émettent des radiations caractéristiques appelées la « Série K », dont le pouvoir pénétrant augmente rapidement avec le poids atomique du radiateur; les éléments plus lourds émettent, en outre, une autre radiation caractéristique, de type plus doux, appelée la « Série L ».

Ces résultats montrent clairement qu'il doit exister à l'intérieur de l'atome des structures définies qui donnent naissance à une radiation définie dans des conditions convenables d'excitation. Il semble probable aussi que les rayons γ des substances radio-actives doivent consister dans les radiations caractéristiques de ces éléments lourds, d'un type analogue aux radiations correspondantes des éléments ordinaires excités par les rayons X ou les rayons cathodiques.

Ces conclusions ont été confirmées par une série de recherches que j'ai faites en collaboration avec Richardson. Les rayons γ étaient analysés au moyen de leur absorption par l'aluminium et par le plomb, les effets perturbateurs des rayons β primaires étant éliminés au moyen d'un champ magnétique puissant. Nous avons trouvé, par exemple, que les rayons γ du radium B, examinés au moyen de leur absorption par l'aluminium, se composent de deux types au moins : l'un facilement absorbé, l'autre 80 fois plus pénétrant. Par d'autres observations sur l'absorption des rayons γ par le plomb, Richardson a reconnu que les rayons du radium B peuvent être divisés en au moins quatre types définis, dont chacun est absorbé par le plomb suivant une loi exponentielle. Des résultats similaires ont été obtenus avec tous les éléments radio-actifs qui émettent des rayons γ. Dans quelques cas, les rayons γ doux, par exemple ceux du radium B, correspondent à la radiation caractéristique de la série L; dans d'autres, à la série K. Plusieurs séries additionnelles de radiations caractéristiques sont présentes dans quelques cas. Il résulte clairement de ces expériences que les rayons γ correspondent aux modes naturels de vibration de la structure interne des atomes radio-actifs.

Pendant ce temps, les expériences de W. H. Bragg et W. L. Bragg, et celles de Moseley et Darwin ont montré que les radiations X caractéristiques des éléments fournissent des spectres de lignes définis et bien marqués; ces spectres sont simplement déterminés par la réflexion cristalline des rayons X. Si tel est bien le cas, les rayons γ des atomes radio-actifs devaient donner aussi des spectres de lignes, ce qui permettrait de déterminer les fréquences naturelles de vibration de ces atomes. L'année dernière, j'ai fait avec Andrade un certain nombre d'expériences pour élucider ce point, en employant le radium B et le radium C comme sources de radiation γ. Ainsi que nous l'anticipions, nous avons constaté que les rayons γ du radium B et du radium C fournissent des spectres de lignes bien marqués.

La méthode générale consiste dans l'emploi d'un tube à rayons α contenant une grande quantité d'émanation comme source de radiation. Les rayons γ sont réfléchis par un cristal de sel gemme et la position des lignes du spectre est déterminée photographiquement; en général, il faut poser 24 heures pour obtenir un effet photographique marqué. Ces expériences sont sujettes à des difficultés spéciales qu'on ne rencontre pas dans les recherches du même genre avec les

rayons X. En plus des rayons γ, la matière radio-active émet des rayons β très pénétrants qui ont une forte action photographique, tandis que les rayons γ, dans leur passage à travers la matière, donnent eux-mêmes naissance à des rayons β à grande vitesse. L'effet perturbateur de ces radiations doit être éliminé en plaçant tout l'appareil entre les pôles d'un électro-aimant puissant. De cette façon, on trouve que le spectre du radium B consiste en un grand nombre de lignes, dont les plus intenses sont déviées sous les angles de 1°46′, 10° et 12°. La radiation la plus pénétrante du radium C donne une ligne forte à 1° et une ligne plus faible à 43′. Les lignes fortes à 10° et 12° sont dues aux rayons facilement absorbés et correspondent sans doute à la radiation L du radium B. La ligne à 1° correspond à une radiation très pénétrante, qui possède une longueur d'onde moindre que 1/10e d'unité Angström. Les rayons γ pénétrants du radium C ont donc de beaucoup la plus faible longueur d'onde observée. Il ne paraît pas probable que des ondes aussi courtes puissent être produites artificiellement dans un tube à rayons X, à moins qu'on ne puisse lui appliquer un voltage excessivement élevé.

Un résultat intéressant de ces recherches doit être mentionné. Les deux lignes fortes du spectre du radium B déviées à 10° et à 12° correspondent exactement par leur position au spectre de rayons X du plomb. Ces expériences confirment donc l'hypothèse, basée sur l'évidence chimique, que le radium B et le plomb sont isotopiques, c'est-à-dire que ce sont des éléments de propriétés chimiques et physiques pratiquement identiques, bien que leur poids atomique diffère de sept unités.

IV. — Rapports entre les rayons β et γ

Avant de considérer en détail le problème difficile des rapports entre les rayons β et γ, il est désirable de résumer les faits principaux qui ont été établis en ce qui concerne les rayons cathodiques et les rayons X :

1° Une petite partie de l'énergie des rayons cathodiques tombant sur un radiateur est convertie en rayons X, la fréquence moyenne de ces derniers augmentant avec la vitesse de la particule cathodique ;

2° Les rayons X, en traversant la matière, donnent naissance à une radiation β ; l'énergie initiale d'émission des électrons augmente avec la fréquence et lui est probablement proportionnelle ;

3° Les électrons ou les rayons X d'énergie convenable sont également aptes à exciter les radiations caractéristiques dans un atome.

Les résultats qui ont été obtenus pour les rayons X se vérifient également pour les rayons β et γ. Ainsi Gray et Richardson ont constaté que les rayons β d'une substance radio-active sont capables d'exciter les radiations caractéristiques des éléments dans un certain nombre de circonstances, tandis que les rayons γ, en traversant la matière, donnent naissance à des électrons à grande vitesse. Bragg a suggéré depuis longtemps que les rayons β et les rayons X sont des formes d'énergie mutuellement convertibles, c'est-à-dire qu'une particule β tombant sur la matière peut être convertie en un rayon X de même énergie, et ce dernier, en traversant la matière, peut à son tour être transformé en un électron d'énergie identique. L'énergie d'un rayon X et celle d'un électron seraient donc mutuellement transformables, et, suivant les conditions, cette énergie pourrait apparaître sous l'une ou l'autre des deux formes. Tandis que les faits acquis sont en faveur de cette hypothèse pour la conversion de l'énergie d'un rayon X simple en celle d'un électron rapide, il est fort douteux qu'elle se vérifie pour le cas inverse de l'excitation d'un rayon X par un électron. Nous verrons plus loin, par l'expérience, qu'en général l'énergie de l'électron requise pour exciter un rayon X de fréquence définie est toujours plus grande que l'énergie correspondante emportée sous la forme d'un rayon X.

On a observé depuis longtemps qu'il semble exister un rapport étroit entre l'émission des rayons β et γ par la matière radio-active. Dans tous les cas, les deux types de radiations apparaissent ensemble. Un examen plus approfondi a montré, toutefois, qu'il existe des différences très marquées entre les énergies relatives des rayons β et γ de différents éléments radio-actifs. Par exemple, le radium C émet des rayons β et γ également intenses ; par contre, le radium E émet des rayons β intenses sur un grand intervalle de vitesses, mais des rayons γ excessivement faibles. Des différences analogues ont été signalées pour un certain nombre d'autres éléments radio-actifs.

Il faut noter cependant une distinction frappante. Toutes les substances radio-actives qui donnent un spectre de lignes de rayons β marqué émettent également des rayons γ intenses. Par contre, une substance comme le radium E, qui donne à peine quelques rayons γ, forme un spectre continu de rayons β dans lequel on n'a pas observé de lignes jusqu'à présent. Il semble donc probable que le spectre de lignes des rayons β est en relation intime avec l'émission des

rayons γ, et cette conclusion a été complètement établie par de récentes expériences.

Comme nous l'avons vu, les rayons γ, en traversant la matière, donnent naissance à des rayons β à grande vitesse. En employant le radium B et le radium C comme sources de rayons γ, j'ai, en collaboration avec MM. Robinson et Rawlinson, analysé dans un champ magnétique la radiation β excitée dans un certain nombre de métaux par le passage des rayons γ, et nous avons trouvé qu'elle se compose en partie de groupes définis de rayons β. Lorsque la substance absorbante est le plomb, le spectre magnétique des rayons β excités par les rayons γ est presque identique au spectre de rayons β primaires du radium B. Ce résultat frappant montre que les rayons β s'échappant de l'atome radio-actif qui donnent naissance à un spectre de lignes doivent résulter de la conversion des rayons γ en rayons β dans l'atome radio-actif. Les faibles différences observées dans le spectre pour les divers métaux sont probablement en relation avec l'énergie requise pour exciter l'une des radiations caractéristiques de l'élément employé comme absorbant.

On peut donner, je pense, l'explication suivante des différences marquées constatées dans le caractère de la radiation β et γ provenant des différents atomes radio-actifs. Quelques-uns des rayons γ sont transformés à leur sortie des atomes, et l'énergie de chaque rayon γ converti est transférée à un électron qui s'échappe avec une vitesse définie dépendant de la fréquence de la radiation γ. Si l'on considère un grand nombre d'atomes subissant la désintégration, chacun des modes possibles de vibration caractéristique de l'atome donne naissance à un électron de vitesse définie. On peut ainsi rendre compte du spectre de lignes des rayons β qui s'observe si communément. Dans cette hypothèse, on doit s'attendre à obtenir un spectre de lignes bien marqué des rayons β quand une substance émet de forts rayons γ — résultat conforme à l'observation.

Pour expliquer les différences marquées de type et d'intensité des rayons γ de différentes substances radio-actives, il semble nécessaire de supposer, en outre, que la particule β primaire s'échappe toujours du noyau dans une direction *fixe* par rapport à la structure des atomes considérés. Par exemple, nous avons déjà signalé que le radium E, quoiqu'il émette des rayons β intenses, qui fournissent un spectre continu sur un grand intervalle de vitesses, engendre des rayons γ très faibles. Comme il n'est pas douteux que les rayons β possèdent une vitesse suffisante pour exciter les modes caractéristiques de vibration qui doivent être présents dans l'atome, nous sommes amenés à la conclusion que la particule β s'échappe dans une direction telle qu'elle ne traverse pas ces centres de vibration. Dans cette hypothèse, le type des rayons γ caractéristiques qui sont excités, et par conséquent aussi la vitesse correspondante des rayons β qui résultent des rayons γ convertis, dépendent entièrement de la direction de sortie de la particule β primaire. La direction définie d'échappement de cette particule, qui varie pour les atomes des diverses substances, suffit aussi à expliquer un certain nombre d'autres différences observées dans le mode de libération de l'énergie des divers atomes radio-actifs. Elle est d'accord avec d'autres observations qui indiquent que les atomes d'une substance radio-active particulière se brisent tous de la même façon.

Nous n'avons jusqu'à présent considéré qu'au point de vue qualitatif le rapport entre les groupes de rayons dans un spectre de rayons β et l'émission des rayons γ caractéristiques. Dans ces dernières années, on a pu se convaincre de plus en plus que l'énergie E portée par un rayon X de fréquence ν est proportionnelle à cette fréquence et est donnée par l'expression $E = h\nu$, où h est la constante fondamentale de Planck. Si le total de l'énergie d'un rayon X peut être cédé directement à un électron, l'énergie communiquée à ce dernier doit être $h\nu$. Il n'est pas douteux que dans beaucoup de cas cette relation simple se vérifie très approximativement, mais les mesures actuellement utilisables ne sont pas suffisamment précises pour décider définitivement si une part de l'énergie n'apparaît pas sous une autre forme.

Supposons que le transfert de l'énergie d'un rayon X à un électron soit complet : nous devons nous attendre à trouver des groupes de rayons β d'énergie correspondant à $h\nu$, où ν est la fréquence des rayons γ trouvée expérimentalement. Une telle relation se vérifie, dans les limites des erreurs d'expérience, pour trois groupes marqués de rayons β à faible vitesse, émis par le radium B. D'autre part, on constate que beaucoup de groupes de rayons β à grande vitesse du radium B et du radium C possèdent des énergies plusieurs fois plus grandes que celles qui correspondent aux fréquences observées. Il n'existe pas la moindre preuve que de hautes fréquences de vibration correspondantes existent dans l'atome radio-actif ; au contraire, tout semble prouver que ces électrons à haute fréquence proviennent d'une ou plusieurs des fréquences observées dans le spectre de rayons γ.

Pour rendre compte des résultats précédents, il y a lieu de supposer que les rayons γ de haute

fréquence ne sont pas nécessairement émis à l'état de pulsations simples, mais consistent en un train de pulsations produites simultanément ou se suivant à intervalles très courts. Chacune de ces pulsations possède une énergie $h\nu$ correspondant à la fréquence ν, mais l'énergie totale du train de pulsations est $p\,h\,\nu$, où p est un nombre entier, qui peut avoir les valeurs 0,1,2,3,.... suivant la structure de l'atome et les conditions d'excitation. Le pouvoir pénétrant d'un tel train d'ondes correspond à celui d'une onde simple de fréquence ν; mais, en traversant la matière, l'énergie du train entier de p ondes peut être transmise à un électron, qui sera expulsé en conséquence avec une énergie $p\,h\,\nu$. Il y a une forte évidence en faveur de l'exactitude générale de ce point de vue, car la plupart des lignes fortes du spectre de rayons β du radium C ont des énergies qui correspondent à un multiple *entier* de l'énergie correspondant aux lignes fortes actuellement observées dans le spectre des rayons γ. Il paraît probable que, dans les conditions ordinaires d'excitation par les rayons cathodiques dans un tube à vide, le rayon X contient seulement une pulsation ou onde; mais, sous le stimulus beaucoup plus puissant de la particule β très rapide s'échappant de l'atome, il se produit un long train d'ondes, toutes de même fréquence. Dans des conditions appropriées, l'énergie totale du train d'ondes peut être cédée à un électron, qui possédera par suite une vitesse beaucoup plus grande que celle que lui imprime une onde simple de même fréquence.

V. — Limite de la fréquence de vibration de l'atome

Une question fondamentale se pose lorsqu'on considère les modes de vibration de l'atome: Existe-t-il une limite définie de fréquence de la radiation qui peut être excitée dans un atome donné ? La théorie ne fournit pas de réponse à ce problème, car on sait peu de chose des conditions de l'excitation et même de la nature des vibrations à fréquence aussi élevée. L'étude de la fréquence des rayons γ des substances radioactives est d'une grande importance, car elle jette beaucoup de clarté sur ce problème.

Comme nous l'avons vu, l'énergie de la particule β qui s'échappe du noyau du radium C est équivalente à celle qu'acquiert un électron se mouvant dans un espace raréfié sous une différence de potentiel de plusieurs millions de volts. Cet électron à grande vitesse traverse la distribution électronique dans sa libération de l'atome. Malgré ces conditions idéales pour l'excitation de radiations à haute fréquence dans l'atome, la fréquence la plus élevée dans la radiation émise par le radium C est seulement le double de celle qu'on peut obtenir avec un tube à rayons X ordinaire dur excité par 100.000 volts. Il semble donc probable qu'il existe une limite définie pour la fréquence de la radiation émissible par un atome donné, quelque élevée que soit la vitesse de l'électron perturbateur. Cette fréquence limite est déterminée non par la vitesse de l'électron, mais par la structure actuelle de l'atome. Comme la radiation γ du radium C donne un spectre de lignes, il en résulte que la fréquence maximum que l'on peut obtenir est due à un système défini d'électrons qui est mis en vibration caractéristique par l'émission d'une particule β.

Pour jeter plus de lumière sur ce point, MM. Barnes et H. Richardson et moi-même nous avons récemment entrepris des expériences pour déterminer la fréquence maximum qu'on peut obtenir avec un tube à rayons X pour différents voltages constants. Le tube Coolidge, lancé récemment sur le marché, est idéal dans ce but, car il fournit une radiation puissante pour un voltage quelconque. L'anti-cathode est en tungstène de poids atomique 184, de sorte que nous observons dans ce cas les modes possibles de vibration d'un atome lourd. On déduit la fréquence maximum de la radiation de la mesure de l'absorption par l'aluminium des rayons les plus pénétrants émis aux différents voltages. L'absorption des rayons X de diverses fréquences par l'aluminium a été examinée sur un grand intervalle; elle peut être exprimée par une formule simple. On trouve que, pour 20.000 volts, la fréquence de la radiation est légèrement inférieure à celle qu'on déduit de la relation de Planck. Lorsque le voltage augmente, on observe un écart rapide avec la relation de Planck. La fréquence atteint un maximum à environ 145.000 volts, puis on n'observe plus d'accroissement jusqu'au voltage maximum employé, soit 175.000 volts. L'expérience montre donc que la fréquence de la radiation atteint un maximum défini, qui dépend sans doute du poids atomique du radiateur particulier qu'on utilise.

Il est intéressant de noter que le pouvoir pénétrant maximum des rayons X du tube de Coolidge dans l'aluminium est presque le même que celui des rayons γ du radium B, et environ les 3/10 de celui des rayons γ du radium C. Il semble que les rayons γ très pénétrants du radium C correspondent à l'octave de la radiation caractéristique K de cet élément. Si tel est le cas, il se peut qu'on obtienne du tungstène une radiation encore plus pénétrante, mais pour l'exciter il

faudrait probablement un voltage de l'ordre du million de volts.

Dans tous les cas, il paraît clair que la relation de Planck ne se vérifie plus pour l'excitation des hautes fréquences par des électrons rapides, mais peut être utilisée avec une grande approximation pour les fréquences plus basses correspondant à la radiation excitée par quelques centaines ou milliers de volts. D'autre part, l'étude des rayons β excités par les rayons X ou les rayons γ indique certainement que la relation $E = ph\nu$ se vérifie très approximativement pour la plus haute fréquence étudiée. Il est donc clair que l'émission des rayons β et γ des atomes radio-actifs est nettement reliée à la théorie générale de la radiation; une étude approfondie de ces radiations jettera sans doute une grande clarté sur le mécanisme de la radiation en général.

Il n'est pas douteux non plus que les rayons γ pénétrants des matières actives ont leur origine dans la vibration des systèmes électroniques de la structure de l'atome extérieure au noyau. Le noyau lui-même doit être violemment troublé par l'expulsion d'une particule α ou β. Si cette perturbation conduit à l'émission d'une radiation γ, elle doit être d'une fréquence excessivement élevée, car les forces qui maintiennent unies les parties composantes du noyau doivent être extraordinairement intenses. On doit prévoir que cette radiation serait extrêmement pénétrante et difficile à déceler par les méthodes électriques. Comme on n'a encore obtenu aucune preuve expérimentale de l'existence de radiations de fréquence aussi élevée, il sera nécessaire de trouver des méthodes spéciales pour pouvoir les mettre en évidence[1].

Sir Ernest Rutherford,
Membre de la Société Royale de Londres.

1. Conférence faite devant la « Royal Institution » le 4 juin 1915, traduite de l'anglais par M. Louis Brunet.

LES FONDEMENTS DE LA THÉORIE DES NOMBRES

L'Analyse supérieure, créée en même temps que le Calcul différentiel et intégral, est devenue dès le principe et déjà dans les mains des premiers créateurs un instrument d'une capacité puissante. L'horizon qui s'ouvrit à ses exploits paraissait dès l'abord sans bornes. N'ayant pas le moyen d'évaluer à sa juste mesure la nouvelle force qu'on venait de découvrir, on crut qu'elle était inépuisable.

Comme marquant la fin de cette première et glorieuse période, ouverte par les Newton et les Leibnitz, il faut citer, avant tous les autres, les grands noms d'Euler et de Lagrange. On commençait déjà à entrevoir des bornes, qu'il n'était pas possible de dépasser sans revenir aux sources mêmes du calcul pour les assainir et les approfondir.

Alors s'élèvent, au commencent du siècle qui précède le nôtre, de nouvelles voix, celles de C. H. Gauss, Louis-Augustin Cauchy et Niels Henrik Abel. Gauss a caractérisé sa manière de comprendre les Mathématiques dans une lettre remarquable à l'astronome Schumacher. Il dit : « Il est caractéristique pour les Mathématiques modernes, contrairement à ce qui est le cas pour celles de l'antiquité classique, que, par nos notations et notre terminologie, nous sommes entrés en possession d'un levier au moyen duquel l'argumentation la plus compliquée peut être réduite à un certain mécanisme. Par là, la science a gagné infiniment en richesse, mais, ce levier étant manié comme il l'est en général, elle a aussi perdu en beauté et en solidité. Combien de fois ce levier n'est-il employé que machinalement, quoique le droit de s'en servir présuppose dans la plupart des cas certaines hypothèses implicites. J'exige que toujours, chaque fois que l'on effectue un calcul ou emploie un terme, l'on garde présentes à l'esprit les hypothèses primitives, et que l'on ne considère jamais les produits du mécanisme comme des possessions acquises autrement que dans la mesure où le droit de le faire a été clairement établi. »

Ce programme, il le réalisait d'abord pleinement dans ses célèbres « Disquisitiones arithmeticæ » (1801), qui resteront, dans les siècles futurs, avec le cours d'Analyse de Cauchy (1821) et le mémoire sur la formule binomiale d'Abel (1826), des monuments impérissables de la pensée pure.

Mais il manquait toujours la pierre fondamentale pour la construction de cet édifice solide et harmonieux, qu'on a appelé l'Analyse supérieure, mais qui se nomme maintenant plutôt la Théorie des fonctions. Ni Cauchy, ni Abel, ni probablement Gauss ne sont parvenus à définir d'une manière exacte, exempte de toute objection, l'idée générale du nombre, élevée au point

d'embrasser tant les nombres entiers et fractionnaires que la généralité des nombres irrationnels. On possédait bien la conception de certains êtres soumis aux mêmes règles de calcul que les nombres entiers ou fractionnaires sans pouvoir être ramenés à ceux-ci. On connaissait, par exemple, depuis la plus haute antiquité, le nombre qui est la racine carrée du nombre 2, ainsi que le nombre π, qui mesure la périphérie du cercle par son rayon; on apprit à connaître plus tard le nombre e, base du système logarithmique; on connaissait des classes entières de nombres algébriques, qui n'étaient ni entiers ni fractionnaires, mais le point de vue qui devait embrasser tous ces nombres de sources différentes manquait.

Dans les esprits de certains mathématiciens flottait, il est vrai, l'idée un peu vague de la possibilité de ramener tous ces nombres à la classe des nombres algébriques, c'est-à-dire les nombres définis comme racines d'une équation algébrique à coefficients entiers. Mais des chercheurs plus clairvoyants s'occupaient en même temps de démontrer, si possible, que les nombres e et π ne peuvent pas être de cette espèce. Ce fut le grand analyste et algébriste Charles Hermite qui trouva le premier une méthode générale pour résoudre ce problème deux fois millénaire. Il montre, il est vrai, seulement que le nombre e n'est pas un nombre algébrique, mais une modification légère de sa démonstration fait voir, comme Lindemann l'a remarqué le premier, qu'il en est de même pour le nombre π.

La découverte d'Hermite est pourtant postérieure à l'époque où la notion du nombre dans toute sa généralité a été fixée. C'est en 1872 que cette notion, connue auparavant seulement de quelques initiés, a été mise en pleine lumière par quatre publications de valeurs différentes mais comportant toutes une solution du problème. Nous reviendrons à l'exposé des différents points de vue qui ont été suivis par les quatre auteurs.

Pour bien saisir toute la portée de la nouvelle conception, il sera nécessaire de remonter d'abord à la première source, c'est-à-dire à l'idée du nombre entier.

I

Pour commencer, il me semble que le point de départ des Mathématiques, comme d'ailleurs de toute pensée, c'est la notion de *nombre entier*, et que, par conséquent, toute tentative de donner une définition du nombre entier par d'autres notions considérées comme antérieures est vaine. Si l'on tâche, d'un autre côté, de concevoir comment naît l'idée de nombre entier, en écartant toutes les déterminations accidentelles provenant de l'expérience externe, je crois qu'on arrivera nécessairement à la conception que cette idée est obtenue par une expérience interne pouvant être décrite comme suit: dans l'esprit on retient une donnée, *l'unité, le premier nombre*, et puis encore une fois ce même objet, procédé par lequel se forme le *deuxième nombre*, et puis on continue de la même manière. Je considère les nombres obtenus ainsi en partant de la même unité comme *appartenant à la même suite de nombres*, et je dis d'eux *qu'ils ont été formés de la même unité*. Ils se suivent dans un ordre déterminé, de sorte que pour deux nombres quelconques on peut indiquer lequel des deux est *antérieur*, lequel est *postérieur*. Chaque nombre, sauf le premier, est immédiatement précédé par un autre, et chaque nombre, y compris le premier, est immédiatement suivi par un autre.

Ensuite, le processus par lequel se forment les nombres n'a pas de fin; on peut toujours le continuer au delà du point où l'on s'est arrêté. Tout le monde admet que la pensée est capable d'embrasser à la fois un groupe de nombres ainsi obtenus, mais ceux qui sont habitués à limiter leur pensée par l'expérience externe énoncent de temps à autre l'opinion qu'il est impossible à la pensée d'embrasser à la fois tous les nombres, la totalité des nombres. « Il est impossible à la pensée de comprendre un espace infini », voilà une doctrine que, pour alléguer un exemple, je retrouve dans un essai populaire d'un naturaliste connu [1].

Parmi les mathématiciens modernes, cette façon de voir ne semble pas avoir eu d'autre champion que Kronecker. Cependant Kronecker n'a jamais exposé d'une manière précise pourquoi il voulait abolir l'idée de l'infini, et d'ailleurs il s'est constamment servi de cette idée dans de nombreux ouvrages, du reste de ses meilleurs. Il est vrai qu'il aurait pu se défendre en prétendant que l'infini n'a pas été pour lui une réalité, mais seulement un symbole du fait incontestable que chaque nombre formé comme je l'ai dit possède un précédent (sauf le premier) et un suivant. Ce symbolisme serait alors de la même nature que celui dont on se servait à l'époque où l'on ne reconnaissait pas la réalité des nombres complexes et, avant cela, des nombres négatifs, en considérant ces nombres comme n'étant rien d'autre que des symboles pour des relations existant entre des nombres positifs. Mais dans ce

1. Svante Arrhenius : *Människan inför världsgåtan*. 3e éd., page 147.

cas l'idée avancée par Kronecker aboutit au plus complet formalisme et ne se réduit qu'à une querelle de mots.

Il est clair, à mon avis, que, dès la première éclosion de la pensée, en même temps qu'on se trouve en possession du nombre, on l'est également de l'infini, lequel, délivré de tout ce qui est accessoire, n'est que l'objet de la pensée constitué par l'ensemble de tous les nombres. Je crois aussi qu'en essayant de n'importe quelle autre façon d'établir la notion de l'infini, par exemple en appliquant la méthode déductive que Dedekind a élaborée avec tant de finesse, on arrivera à conclure, si l'on examine minutieusement les prémisses, qu'en réalité on était parti de cette première notion de l'infini, qui était donnée dès le début.

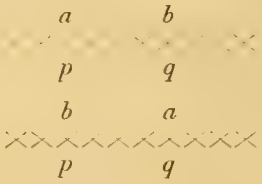
Les notions des relations d'*égalité* et d'*inégalité* existant entre les nombres s'obtiennent par définition. Les nombres ne sont égaux que dans le cas où ils sont les mêmes. Dans tous les autres cas, ils sont *inégaux*.

Nous avons posé comme unité un quelque chose, un objet quelconque. Si l'on n'y attache aucune autre détermination que celle d'être, lors de la formation du nombre, ce qu'on retient dans l'esprit, l'unité est désignée par *un*, le nombre suivant par *deux*, etc., et je veux appeler ces nombres, dont l'unité est *un*, des *nombres absolus*. La notion d'*inférieur* et de *supérieur* n'est pas pour des nombres pareils une notion irréductible qui s'attache à toutes les grandeurs en général, mais elle s'obtient par définition de la manière suivante : de deux nombres absolus inégaux, le nombre antérieur est dit inférieur, le nombre postérieur est dit supérieur.

Le théorème qu'il n'y a pas de nombre qui ne soit suivi d'un autre prendra donc, d'après cette conception des nombres absolus, la forme suivante : « Il n'y a pas de nombre qui soit supérieur à tous les autres. »

II

De la notion de nombre entier, laquelle, selon moi, est antérieure et fondamentale, on arrive directement à celle du dénombrement d'une multitude d'objets. Supposons donnée une collection d'objets. Retirons de cette collection un objet et attribuons-lui le nombre *un*; retirons encore une fois un objet et attribuons-lui le nombre *deux*, puis encore un objet qui aura le nombre *trois*, et continuons à répéter ce procédé. Si, de cette manière, on arrive enfin à un dernier nombre m, m représente le résultat du dénombrement, le nombre qui indique combien d'objets sont contenus dans la collection donnée. Cette notion se désigne en suédois par le mot « antal », en allemand par le mot « Anzahl », mais en français il paraît qu'il n'existe pas un mot synonyme. C'est la faculté de la pensée de retenir deux objets joints l'un à l'autre qui rend possible la détermination de ce nombre m. Or, maintenant se pose la question : Est-ce que ce nombre m d'objets contenus dans la collection donnée reste toujours le même, indépendamment de l'ordre dans lequel les objets sont attribués aux nombres 1 à m, ou, en d'autres termes, est-ce que ce nombre est un *invariant* de la collection donnée d'objets? Il en est bien ainsi, comme il ressort du raisonnement suivant :



On admet *a priori* que si deux objets changent de place de telle manière que l'objet a, qui avait été attribué au nombre p, prenne la place de l'objet b, qui avait été attribué au nombre q, de sorte que b soit attribué à p et que a soit attribué à q, le nombre m reste toujours le même. Retirons maintenant de la collection donnée d'objets $n < m$ objets. S'il est vrai que le nombre m ne varie pas, quel que soit l'ordre dans lequel on dénombre ces n objets, ce nombre m restera aussi, en raison du susdit axiome, invariable, si l'on retire encore un objet de la collection. Par conséquent, comme m reste invariable si on prend $n = 2$, il en sera de même pour $n = 3$, puis pour $n = 4$, et enfin pour $n = m$.

Nous rencontrons ici pour la première fois un syllogisme qui a été dénommé *principe de l'induction complète*, ou syllogisme de n à $n + 1$. Ce syllogisme ou mode de démonstration consiste en ce qui suit : On démontre que, si un théorème est valable pour un nombre quelconque n, il l'est aussi pour le nombre suivant $n + 1$. Or, si le théorème est valable pour un certain nombre donné n, dans notre cas le nombre 2, il est aussi valable pour le nombre $n + 1$, de même pour le nombre suivant, puis pour celui qui vient après, et ainsi de suite, ou, en somme, pour tous les nombres qui sont postérieurs au nombre donné.

Poincaré, et d'autres auteurs, à sa suite, ont souligné que le syllogisme de n à $n + 1$ constitue un des principaux modes de démonstration, peut-être même le principal, de la Mathématique.

Pouvoir dénombrer ou compter une multitude donnée d'objets donnés, c'est une faculté qui est propre à l'homme sans probablement l'être aux

animaux. Si compter n'était autre chose que d'embrasser dans l'esprit plusieurs objets, sans leur attribuer en même temps une série de nombres, cette faculté ne serait pas exclusivement humaine. L'oie même compte sans doute ses petits de cette manière. Chez les peuples primitifs, qui ne sont pas du tout ou seulement imparfaitement capables d'indiquer le nombre d'individus d'un grand troupeau, on peut constater une faculté très développée pour compter de cette manière, de sorte qu'il ne leur faut qu'un moment d'attention pour indiquer combien d'individus manquent dans un troupeau, pourvu que, toutefois, ce nombre ne soit pas excessivement grand.

A défaut de cette faculté de la pensée de faire correspondre un objet à un autre, c'est-à-dire de compter, la Mathématique n'existerait pas. C'est de cette faculté qu'a jailli la science mathématique.

III

Nous avons vu que chaque nombre est immédiatement suivi par un autre et qu'également chaque nombre, excepté le premier, est immédiatement précédé par un autre. Or si, à partir d'un certain nombre donné, on parcourt la série des termes en sens inverse, en donnant le nombre *un* à ce nombre donné, le nombre *deux* à celui qui le précède, etc., ou, autrement dit, si l'on compte en arrière, on arrive toujours à une fin, et on obtient le même nombre que si l'on avait compté en avant, c'est-à-dire du premier nombre jusqu'au dernier. C'est là une conséquence immédiate de ce que le nombre qui indique le résultat du dénombrement d'une multitude d'objets donnés est un invariant. Une fois en possession de l'idée de nombre entier, on arrive directement par une définition à la notion de la *somme de deux nombres*. Cette notion se définit comme suit : la somme de deux nombres est un nombre nouveau qu'on obtient si l'on continue la répétition de l'unité, qui a eu lieu lors de la formation du premier nombre, autant de fois qu'il a fallu répéter l'unité pour former le deuxième nombre. Poincaré a relevé que cette définition de la *somme*, quoique se présentant formellement comme une seule définition, est en réalité une « cascade » illimitée de définitions, une définition pour chaque combinaison de nombres. Dans ce mode de définition qu'on rencontre ainsi dès le début et qui va apparaître constamment dans les déductions mathématiques, se retrouve l'explication du fait que la science des nombres, c'est-à-dire les Mathématiques, pendant sa marche ininterrompue, conquiert toujours de nouveaux domaines.

Après la définition de la somme, on obtient par le simple emploi du syllogisme de n à $n+1$ les deux théorèmes fondamentaux :

$a+(b+c)=(a+b)+c$, ou *théorème de l'association*,

et

$a+b=b+a$, ou *théorème de la commutation*.

Ensuite on obtient le théorème suivant :

« Si deux nombres sont donnés, il y a toujours dans le même système un troisième nombre univoquement donné, tel que la somme du nombre antérieur parmi les deux nombres donnés et du troisième nombre égale le nombre postérieur », ou en langage algébrique, « si a et b sont donnés et si a est antérieur à b, il existe toujours un nombre univoquement donné x tel que $a+x=b$ ».

Je ne veux pas m'arrêter plus longtemps à la théorie des sommes ni à celle des produits ou de la division ; je me contente d'indiquer que a étant un nombre donné dans un certain système et n un nombre absolu, le produit de a par n ou le le multiple $n^{\text{ième}}$ de a désigne la somme de n nombres a et s'écrit $a.\ n$.

En langage algébrique, c'est le problème du maintien de l'égalité $x.\ n=b$, même dans le cas où b n'est pas le produit d'un nombre a et d'un nombre absolu n, qui a forcément amené la première extension de l'idée de nombre. Nous arrivons à cette extension en attribuant à l'unité du système des nombres la propriété suivante : « Etant donné un nombre absolu quelconque n, l'unité est le multiple $n^{\text{ième}}$ d'une autre unité univoquement donnée dès qu'on a le nombre n », ou, en d'autres termes : « L'unité du système est toujours, de quelque façon que l'on ait choisi n, *divisible* en n parties équivalentes, et cela d'une seule manière. »

Dans toute égalité ayant lieu dans un système de nombres dont l'unité est e, on pourra, quel que soit le nombre absolu n, remplacer l'unité e par le multiple $n^{\text{ième}}$ de la partie $n^{\text{ième}}$ de e. D'autre part, le multiple $n^{\text{ième}}$ de la partie $n^{\text{ième}}$ de e peut se remplacer par e. Ces prémisses données, on démontre que chaque partie de e est à son tour divisible en n'importe quel nombre indiqué à l'avance de parties.

Notre système de nombres, qui auparavant ne comprenait que les nombres entiers, est étendu de cette manière de façon à comprendre aussi chaque multiple d'une partie quelconque de l'unité du système. L'unité *un* dans le système des nombres absolus reçoit, en dehors de la détermination d'être l'objet qu'on retient dans l'esprit lors de la formation du nombre, aussi la détermination d'être divisible, et ce sont les

nombres formés par un et ses parties, voir les nombres rationnels, qui constitueront désormais le système des nombres absolus.

La détermination de divisibilité attribuée à l'unité d'un système de nombres entraîne cette conséquence que l'égalité $x.\ n = b$, qui a amené l'indroduction de cette idée de divisibilité, reçoit toujours une solution et une seule. En langage algébrique, c'est le problème nouveau de la résolution de l'équation $x.\ x = A$, où A n'est pas un nombre carré, qui a d'abord ouvert les yeux sur l'utilité ou même la nécessité d'une extension ultérieure de l'idée de nombre. Or, cette extension se présente, nous le verrons, immédiatement après l'amplification grâce à laquelle le système des nombres comprend à côté des nombres entiers tous les nombres rationnels. Comme toutes les grandes découvertes, elle paraît d'une simplicité limpide, une fois trouvé le vrai point de sortie.

Faisons d'abord la remarque suivante. Vu qu'il existe toujours entre deux nombres rationnels donnés, si rapprochés qu'ils soient l'un de l'autre, plus de nombres rationnels que chaque nombre donné, il semble d'abord que l'idée de l'infini a dû subir une extension importante par l'introduction de ces nouveaux nombres. Mais il n'en est rien. Nous avons déjà parlé de la faculté de la pensée de coordonner deux objets, et par là nous avons pu éclaircir la notion de dénombrement. Mais, de même que nous pouvons attribuer à chacun des nombres 1, 2..., m, un objet déterminé, par exemple un nombre rationnel a, et concevoir ensuite l'ensemble des différents nombres a comme un nouvel objet, tout aussi bien sommes-nous en état d'imaginer qu'à chaque nombre entier ν sans restriction correspond un nombre déterminé a; et de même que la collection des a attribués aux nombres 1, 2, 3,.. m est pour nous une chose claire et déterminée, de même l'ensemble des a attribués à tous les ν devient un objet nouveau qui est parfaitement déterminé, pourvu qu'il en soit ainsi de chaque a individuel. Or, on peut facilement montrer que tous les nombres rationnels peuvent être disposés de façon qu'à chaque nombre entier ν corresponde d'une manière univoque un nombre rationnel a et inversement qu'à chaque a corresponde un seul nombre entier ν.

« L'ensemble des nombres rationnels ne constitue pas un infini d'une *puissance* supérieure à celle qui est définie par l'ensemble des nombres entiers. »

Mais, si l'idée de l'infini n'a pas subi d'extension par la généralisation qui conduit du nombre entier au nombre rationnel, cet agrandissement du monde des nombres a, d'un autre côté, rendu possible l'introduction de nombres qui résolvent l'équation $x.\ x = A$, c'est-à-dire de nombres soi-disant irrationnels, et cette introduction a, en même temps, conduit à la juste interprétation de l'idée générale du nombre irrationnel.

Désignons par (a) une collection de nombres rationnels différents l'un de l'autre, soumis à la seule condition que la somme d'un nombre quelconque d'entre eux soit toujours inférieure à un certain nombre donné. Un tel choix des a est toujours possible, comme on le voit par exemple en prenant pour (a) l'ensemble des nombres $\frac{1}{2^\nu}$; $\nu = 1, 2, 3...$

IV

Voyons maintenant, en suivant Weierstrass, à quelles lois doivent être soumis les groupes (a) pour qu'ils obtiennent eux-mêmes le caractère de nombres. Disons, pour simplifier notre langage, qu'un nombre dans le sens que nous avons déjà donné au mot, c'est-à-dire un nombre *rationnel*, est «contenu» dans le groupe (a), si de (a) on peut retirer un certain nombre de nombres a de telle façon que la somme de ces a soit supérieure au nombre rationnel en question. Nous considérerons dorénavant seulement de tels groupes (a) pour lesquels il est valable « qu'il existe un nombre rationnel non contenu dans (a) ». La notion de l'égalité entre deux nombres (a) et (b) se définit maintenant ainsi, que (a) est égal à (b) ou $(a) = (b)$, si tout nombre rationnel contenu dans (a) est aussi contenu dans (b) et si de même tout nombre rationnel contenu dans (b) est aussi contenu dans (a). Par contre, on dit que (a) est inférieur à (b) et (b) supérieur à (a), ou encore que (a) est *plus petit* que (b) et (b) *plus grand* que (a), et on écrit $(a) < (b)$, s'il existe un nombre qui est contenu dans (b) sans être contenu dans (a).

On a par exemple $\left(\frac{1}{2^\nu}\right) = 1$ ou $\frac{1}{2} < \left(\frac{1}{2^\nu}\right) < 2$, comme on le voit immédiatement; d'autre part, chaque (a) n'est pas égal à un nombre rationnel, et par l'introduction de (a) comme nombre, on obtient une extension du système des nombres rationnels; on s'en rend compte aisément en mettant pour les a les différents nombres $\frac{1}{1.\ 2.\ 3...\ \nu}$; $\nu = 1, 2, 3...$

Les notions *d'égalité*, de *plus grand* et de *plus petit* pouvant s'élargir jusqu'à s'appliquer aussi aux groupes (a), il en est de même des notions de *somme*, de *différence*, de *produit* et de *divisibilité*, et on voit par une déduction tout élémentaire et directe que les mêmes lois qui régissent

les nombres rationnels peuvent, sans modification, s'appliquer également aux groupes (a). Les groupes (a) possédant de la manière indiquée les mêmes propriétés que les nombres rationnels, ils s'imposent eux-mêmes comme nombres, et le monde des nombres sera dorénavant constitué par l'ensemble des groupes (a). Dans ce monde des nombres se trouvent alors, entre autres, le nombre e (le groupe $\left(\frac{1}{1, 2 \ldots \nu}\right)$; $\nu = 1, 2, 3 \ldots$ que nous venons de rencontrer), le nombre π, ainsi que les nombres algébriques non rationnels et bien d'autres d'un intérêt plus ou moins grand. Mais maintenant se pose la question : ne serait-il pas possible d'élargir encore l'idée du nombre, en introduisant dans les groupes (a), au lieu des a, des groupes? On n'y gagnerait rien. Un ensemble de cette nature peut toujours être ramené et égalé à un de nos groupes (a). La démonstration de cette propriété comme de toutes les autres dans la Théorie générale des nombres peut toujours être ramenée d'une manière plus ou moins directe à la solution du problème qui consiste à exprimer le nombre le plus général sous une forme arithmétique unique, qui sera individualisée d'une manière univoque pour chaque nombre particulier obtenu en fixant les différents éléments a. Il est vrai que ce problème peut être résolu de différentes manières; mais, comme la solution de Weierstrass a été la source originale de toute la théorie qu'on appelle maintenant la *théorie des ensembles*, et comme son mode de démonstration permet en même temps d'embrasser sous un même point de vue tous les théorèmes fondamentaux de cette théorie, je me propose, en me rapportant à lui, d'exposer sa méthode.

V

Je commence par démontrer la proposition suivante :

« Chaque (a) qui ne contient pas le nombre *un* peut toujours, m étant un nombre entier donné supérieur à un, se représenter et d'une manière unique sous la forme $\left(\frac{h_\nu}{m^\nu}\right)$, $\nu = 1,2,3 \ldots$; les h_ν sont des nombres entiers inférieurs à m. Il peut arriver que pour certaines valeurs de ν le $\frac{h_\nu}{m^\nu}$ correspondant n'apparaisse pas dans $\left(\frac{h_\nu}{m^\nu}\right)$, mais cela n'est pourtant jamais le cas pour tous les ν dépassant un certain nombre donné. »

Formons la série $\frac{1}{m}, \frac{1}{m^2}, \frac{1}{m^3} \ldots$ Il existe un premier nombre $\frac{1}{m^\lambda}$ qui est contenu dans (a). A m^λ correspond d'autre part un nombre entier $n_\lambda < m^\lambda$ tel que $\frac{n_\lambda}{m^\lambda}$ soit contenu dans (a), sans que cela soit le cas pour $\frac{n_\lambda + 1}{m^\lambda}$.

On a donc

$$\frac{n^\lambda}{m^\lambda} < (a) \leqq \frac{n^\lambda + 1}{m^\lambda}.$$

Or, comme $\frac{1}{m^{\lambda+1}}, \frac{1}{m^{\lambda+2}} \ldots$ sont tous contenus dans (a), on obtient une suite illimitée d'inégalités :

$$\frac{n_\mu}{m^\mu} \quad (a) \leqq \frac{n_\mu + 1}{m^\mu}; \; n_\mu \quad m^\mu; \; \mu \quad \lambda, \lambda \quad 1, \lambda - 2 \ldots$$

Il s'ensuit qu'on a :

$$\frac{m.n_\mu}{m^{\mu+1}} < (a) \leqq \frac{m.n_\mu + m}{m^{\mu+1}}$$

$$\frac{n_\mu + 1}{m^{\mu+1}} < (a) \leqq \frac{n_\mu + 1 + 1}{m^{\mu+1}}$$

Par conséquent :

$$m.n_\mu \quad n_{\mu+1} + 1$$

et

$$n_{\mu+1} < m.n_\mu + m,$$

ou

$$m.n_\mu \leqq n_{\mu+1} \leqq m.n_\mu + m - 1.$$

L'égalité $m.n_\mu = n_{\mu+1}$ ne peut exister pour tous les μ supérieurs à un certain μ, car dans ce cas (a) qui contient $\frac{n_\mu}{m^\mu}$ ne pourrait contenir le nombre $\frac{n_{\mu+\mu'}}{m^{\mu+\mu'}}$, où $m^{\mu'}.n_\mu < n_{\mu+\mu'}$, quelque grand que nous choisissions μ'. Comme, d'autre part, par une augmentation suffisante de μ', le nombre $\frac{1}{m^{\mu+\mu'}}$ peut être réduit au-dessous de toute limite et que μ' peut toujours être choisi de manière que

$$\frac{n_\mu}{m^\mu} + \frac{1}{m^{\mu+\mu'}} = \frac{m^{\mu'}.n_\mu}{m^{\mu+\mu'}} + \frac{1}{m^{\mu+\mu'}} = \frac{m^{\mu'}.n^\mu + 1}{m^{\mu+\mu'}}$$

soit contenu dans (a), il y a toujours des nombres $\frac{n_{\mu+\mu'}}{m^{\mu+\mu'}}$ $(m^{\mu'} n_\mu \quad n_{\mu+\mu'})$ qui sont contenus dans (a). Formons maintenant la série $h_1, h_2, \ldots h_\nu, \ldots$ où l'on met :

$$h_\lambda = n_\lambda$$

$$n_{\mu+1} = m.n_\mu + h_{\mu+1}; \; \mu = \lambda, \lambda + 1, \quad 2 \ldots,$$

et où font défaut les nombres $h_1, h_2 \ldots, h_{\lambda-1}$ aussi bien que le nombre $h_{\mu+1}$, chaque fois que l'on a $n_{\mu+1} = m.n_\mu$.

Or, il est facile de montrer que

$$(a) = \left(\frac{h_\nu}{m^\nu}\right).$$

Soit $\frac{p}{q}$ un nombre fractionnaire qui est contenu dans (a). On peut toujours choisir μ assez grand pour que $\frac{1}{m^\mu} < \frac{p}{q}$ et qu'en même temps $\frac{p}{q} + \frac{1}{m^\mu}$ soit contenu dans (a).

On aura donc

$$\frac{p}{q} + \frac{1}{m^\mu} < (a) \leqq \frac{n_\mu + 1}{m^\mu},$$

d'où suit

$$\frac{p}{q} < \frac{n_\mu}{m^\mu} = \frac{h_\lambda}{m^\lambda} + \frac{h_{\lambda+1}}{m^{\lambda+1}} + \ldots + \frac{h_\mu}{m^\mu}.$$

Par conséquent $\frac{p}{q}$ est contenu dans $\left(\frac{h_\nu}{m^\nu}\right)$.

Si, d'autre part, $\frac{p}{q}$ est contenu dans $\left(\frac{h_\nu}{m^\nu}\right)$, on peut toujours choisir μ assez grand pour que $\frac{p}{q} < \frac{h_\lambda}{m^\lambda} + \frac{h_{\lambda+1}}{m^{\lambda+1}} + \ldots + \frac{h^\mu}{m^\mu} = \frac{n_\mu}{m^\mu}$, d'où on conclut que $\frac{p}{q}$ est contenu dans (a).

VI

Une modification légère de notre raisonnement conduit à un nouveau théorème, lequel constitue le point de départ de la théorie des ensembles. Ce théorème a également été, pour la première fois, exactement formulé et démontré par Weierstrass. Voici l'énoncé : « Si entre A et B, A étant inférieur à B, il existe plus de nombres (a) inégaux entre eux qu'un nombre donné quelconque, il y a toujours au moins un nombre appartenant à l'intervalle $[A < B]$ qui est une *limite* ou un *nombre limite* des nombres (a) ».

Par une *limite* ou un *nombre limite* on entend alors « un nombre tel que, s'il est renfermé entre deux nombres supposés aussi rapprochés qu'on voudra, il y a toujours entre eux un nombre de (a) plus grand que tout nombre indiqué à l'avance ». Voici comment s'obtient une expression arithmétique de ce nombre limite. Divisons l'intervalle $[A < B]$ en m parties égales

$$[A < A + \frac{1}{m}(B - A)],$$

$$[A + \frac{1}{m}(B - A) < A + \frac{2}{m}(B - A)]..,$$

$$A + \frac{m-1}{m}(B - A) < B].$$

Il y a parmi ces intervalles un premier intervalle :

$$[A + \frac{n_1}{m}(B - A) < A + \frac{n_1 + 1}{m}(B - A)],$$

qui comprend plus de (a) que n'importe quel nombre donné.

Si nous divisons encore cet intervalle en m parties, il y a de même parmi ces intervalles nouveaux un premier intervalle

$$[A + \frac{n_2}{m^2}(B - A) < A + \frac{n_2 + 1}{m^2}(B - A)];$$

$$m.\, n_1 \leqq n_2 \leqq m.\, n_1 + m - 1,$$

qui comprend plus de (a) que n'importe quel nombre donné.

En continuant de la même manière, nous obtenons une série d'intervalles

$$[A + \frac{n_\mu}{m^\mu}(B - A) < A + \frac{n_\mu + 1}{m^\mu}(B - A)];$$

$$m.n_\mu \leqq n_{\mu+1} \leqq m.n_\mu + m - 1;\ \mu = 1, 2, 3..,$$

tels que chaque intervalle postérieur constitue une partie de l'intervalle antérieur, et qui tous comprennent plus de (a) que n'importe quel nombre donné.

Le nombre $A + \left(\frac{h_\nu}{m^\nu}\right)(B - A)$, où $n_\mu + 1 = m.n_\mu + h_{\mu+1}$, est compris dans tous ces intervalles. Comme ceux-ci, par l'augmentation du nombre μ, peuvent être diminués autant qu'on voudra, notre proposition se trouve par là démontrée.

Faisons encore observer qu'à l'encontre de ce qui avait lieu quand nous avons établi avec Weierstrass le théorème précédent, il peut arriver ici que dans le groupe $\left(\frac{h_\nu}{m^\nu}\right)$ toutes les fractions $\frac{h_\nu}{m^\nu}$ fassent défaut à partir d'un certain ν.

Ce qui est essentiel dans la méthode suivie par Weierstrass, c'est, on le voit, qu'il démontre l'existence du nombre dit limite en le formant avec certains éléments qu'on suppose donnés.

Une procédure tout à fait semblable à celle déjà deux fois employée conduit, sans introduction de principes nouveaux [1], à un autre théorème, qui est une des pierres angulaires de la *théorie des ensembles*, cette théorie subtile et profonde, édifiée par Cantor sur la base weierstrassienne, et devenue dans la suite un des traits saillants des Mathématiques de notre époque. Ce théorème, qui a été aussi énoncé et démontré par Cantor, bien que d'une manière un peu différente, s'énonce comme suit : « Les nombres $(a)_\nu$ étant

1. Voir Mittag-Leffler : « Sur les fondements arithmétiques de la théorie des fonctions d'après Weierstrass », pages 22-24. Congrès des mathématiques à Stockholm, 1909.

des nombres quelconques (dans notre sens élargi du mot nombre), on peut toujours constituer un nouveau nombre (a) qui n'est égal à aucun des nombres $(a)_\nu$. » En procédant de la même manière que lors de la formation du nombre limite, on obtient le nombre (a) sous la forme $\left(\frac{h_\nu}{m^\nu}\right)$ employée par Weierstrass. Il s'agit seulement de calculer les h_ν avec les éléments donnés $(a)_\nu$ et de le faire d'une telle manière que le nombre (a) ainsi formé ne devienne pas un des nombres $(a)_\nu$.

Ce théorème implique la solution de la nouvelle question que voici : On a vu que l'idée de l'infini n'a pas subi d'amplification lors du passage des nombres entiers aux nombres rationnels. Est-ce qu'il en est de même, quand on s'élève jusqu'aux nombres (a)? Le théorème de Cantor nous montre que c'est le contraire qui a eu lieu. L'idée de l'infini vient, en réalité, par l'introduction des nombres (a), de subir une amplification réelle et puissante. On arrive à une espèce d'infini tout autre que celle qui, d'après nous, est une réalité claire et fixée en même temps que le nombre entier. On arrive au *continu*. *Le continu entre deux nombres A et B $(A < B)$ est l'ensemble de tous les nombres supérieurs ou égaux à A et inférieurs ou égaux à B.*

VII

Finissons par un mot sur les points de vue suivis par Cantor-Heine, Méray et Dedekind pour définir les nombres dans toute leur généralité.

Cantor-Heine ainsi que Méray sont partis de l'idée de limite. D'après eux, étant donnée une suite ininterrompue de nombres rationnels u_ν; $\nu = 1, 2, 3\ldots$ tous inférieurs à un nombre donné, et telle que chaque nombre soit inférieur au suivant (la suite u ; $\nu = 1, 2, 3\ldots$ s'appelle chez Cantor-Heine *Fundamentalreihe*, chez Méray *variante*), il existe toujours un être défini d'une manière univoque par l'intermédiaire de ces nombres. Cet être n'est autre que le nombre limite que Weierstrass nous apprend à exprimer par une formule arithmétique, édifiée sur les nombres u_ν, mais dont l'existence chez Cantor-Heine est supposée *a priori*.

Heine fait la remarque suivante : « Je prends dans cette définition un point de vue purement formel. Je qualifie de nombres certains signes facilement saisissables; de cette manière, l'existence de ces nombres n'est pas douteuse [1]. »

Méray dit d'un autre côté : « Telle est pour nous la nature des nombres incommensurables : ce sont des fictions permettant d'énoncer d'une manière uniforme et plus pittoresque toutes les positions relatives aux invariantes convergentes. »

La définition de Dedekind est empruntée à l'intuition géométrique. Il s'exprime ainsi : « Si tous les points d'une droite peuvent être partagés en deux classes telles que chaque point de la première classe soit situé à gauche de tout point de la seconde classe, alors il existe un point et un seul qui détermine cette division de tous les points en deux classes, cette coupure de la droite en deux morceaux.

« Je ne suis pas en état de donner une démonstration quelconque de cet énoncé et personne ne sera jamais en état de le faire. L'admission de cette propriété de la droite n'est qu'un axiome, par lequel nous attribuons à la ligne la continuité, par lequel nous lui imprimons le caractère de la continuité [1]. »

La définition de Dedekind pourra, on le voit facilement, être présentée d'une manière arithmétique. C'est ce qu'a fait entre autres Tannery. Mais alors on arrive à introduire deux Fundamentalreihen (terminologie de Cantor-Heine) ou deux variantes (terminologie de Méray), au lieu d'une seule comme chez Cantor-Heine ou Méray.

Il me semble que la définition de Weierstrass reste la seule qui jusqu'au fond rende compte de la vraie nature du nombre en général et par là du nombre soi-disant irrationnel. Ce nombre ne se présente pas chez Weierstrass comme un symbole, mais comme une réalité de même ordre que la suite ininterrompue des nombres entiers.

D'un autre côté, l'existence du nombre limite n'est pas chez Weierstrass supposée *a priori*. On en démontre au contraire l'existence en créant une expression arithmétique qui le représente.

On voit du reste qu'en partant des u_ν et en introduisant pour les nombres a dans notre exposé de la méthode de Weierstrass les nombres $w_{\nu+1} - u_\nu$, on retombe immédiatement sur la dite méthode.

M. G. Mittag-Leffler,
Correspondant de l'Institut de France,
Professeur à l'Université de Stockholm.

1. Ich stelle mich bei der Definition auf den rein formalen Standpunkt indem ich *gewisse greifbare Zeichen Zahlen nenne*, so dass die Existenz dieser Zahlen also nicht in Frage steht.

1. Zerfallen alle Punkte der Geraden in zwei Classen von der Art, dass jeter Punkt der ersten Classe links von jedem Punkte der zweiten Classe liegt, so existirt ein und nur ein Punkt, welcher diese Eintheilung aller Punkte in zwei Classen, diese Zerschneidung der Geraden in zwei Stücke hervorbringt.

Ich bin ausser Stande irgend einen Beweis für seine Richtigkeit beizubringen, und Niemand ist dazu im Stande. Die Annahme dieser Eigenschaft der Linie ist nichts als ein Axiom, durch welches wir erst der Linie ihre Stetigkeit zuerkennen, durch welches wir die Stetigkeit in die Linie hineindrucken.

L'ÉVOLUTION D'UNE SCIENCE : L'EMBRYOLOGIE

Dans la marche ascendante de nos connaissances, les grands progrès se font généralement par bonds : parfois c'est une technique nouvelle qui permet d'aborder utilement des questions depuis longtemps posées, mais dont la solution était demeurée inaccessible; ou bien c'est la découverte d'un objet d'étude ignoré jusqu'alors qui oriente la pensée dans des voies imprévues; souvent enfin une science change de face parce qu'un esprit novateur et persuasif formule un jour, en termes clairs et précis, des idées que les autres savants concevaient trop vaguement pour pouvoir les utiliser dans des recherches fructueuses.

L'Embryologie, qui est un rameau relativement jeune des sciences biologiques et dont les hommes d'âge mûr ont vécu l'histoire presque entière, a reçu le choc de ces diverses impulsions et, en un laps de temps relativement court, ses tendances s'en sont trouvées plusieurs fois modifiées.

Son but essentiel est facile à préciser : elle cherche à connaître l'origine actuelle des êtres vivants, en déterminant comment et aux dépens de quoi le corps d'un organisme adulte s'édifie dans sa forme, dans sa composition et dans ses structures fonctionnelles. Elle a donc à résoudre l'une des énigmes les plus troublantes de la Biologie générale, car le pouvoir de former un animal aux dépens d'un germe presque amorphe en apparence est peut-être, de toutes les propriétés de la matière vivante, la plus complexe et, on peut prononcer le mot, la plus mystérieuse.

Pourtant, pendant de longues années, cet objet propre de l'Embryologie, tel que nous venons de le définir, n'a que fort peu, ou fort mal, sollicité l'attention des chercheurs.

Jusqu'il y a vingt-cinq ans environ — et pour beaucoup de savants il en est encore actuellement ainsi — l'étude du développement embryonnaire n'était qu'une méthode, un instrument de travail. On la faisait moins pour elle-même qu'en vue d'expliquer des problèmes posés en dehors d'elle; elle était, en un mot, une technique à l'usage d'autres sciences.

La faute en revient un peu, il convient de le dire, aux physiologistes. Très absorbés par le champ immense qu'ouvrent à leurs investigations les multiples fonctions qui permettent à l'organisme de se maintenir en vie, ils ont cru et ils croient encore pouvoir provisoirement négliger celle par laquelle un être vivant se continue dans un descendant en assurant la persistance de la vie sur le globe. Dans les traités de Physiologie, même les plus récents, la fonction de génération est exposée d'une façon fort sommaire et presque toujours réduite à la description de quelques-uns des facteurs nécessaires pour que, *chez les Mammifères*, un embryon puisse se constituer aux dépens d'un œuf. Quant au développement lui-même, les physiologistes en abandonnent l'étude aux morphologistes et le considèrent comme sortant du cadre de leurs préoccupations.

Il faut même remonter très loin, à Bonnet, à Spallanzani, à Prévost et Dumas, à G. F. Wolff et à von Baer, pour retrouver des travaux où l'embryogénèse est étudiée par l'observation et l'expérience au même titre que toute autre manifestation de la vie.

Il n'est donc pas étonnant que, dans la seconde moitié du XIXe siècle et jusqu'à nos jours, l'Embryologie ait été utilisée par les savants à titre de moyen bien plus que comme but. Malgré ce rôle plutôt modeste, elle suscita un nombre incalculable de recherches positives; grâce aux progrès de la technique microscopique, et spécialement à l'usage des coupes sériées, elle a pu rendre à la science d'inappréciables services. Mais, à un moment donné, les faits observés formèrent un tout assez cohérent pour qu'un regard d'ensemble pût être jeté sur les problèmes spéciaux que soulève le développement embryonnaire; ce jour-là, l'Embryologie reprit possession d'elle-même et en revint à son objet propre avec son avenir assuré par un fonds solide de connaissances objectives. C'est cette évolution que nous voudrions retracer dans ses grandes lignes.

I

Les Morphologistes[1] voient surtout dans l'Embryologie un excellent procédé d'analyse anatomique. En suivant pas à pas le développement embryonnaire d'un organisme et d'un

1. En France, on emploie très souvent le terme de Morphologie dans le sens de grosse anatomie, ou de description pure et simple des formes extérieures. Dans les autres langues scientifiques, la Morphologie est la *science* de la forme, c'est-à-dire qu'elle a pour but d'*expliquer* l'anatomie; ainsi comprise, elle correspond à ce que les anciens auteurs français appelaient l'Anatomie philosophique; mais cette expression est tombée en désuétude, et dans cet article nous donnerons au mot morphologie la signification qu'il a en anglais, en italien et en allemand.

organe complexe, on arrive aisément à le dissocier en ses composants élémentaires et à voir la part respective qui revient à chacun d'eux dans la constitution du tout. Pour prendre un exemple banal, tout médecin sait qu'on n'a pu comprendre la structure du système nerveux central de l'homme et des Mammifères qu'après avoir suivi pas à pas la façon dont il s'édifie et se complique chez les embryons de plus en plus âgés : le bulbe rachidien est un paradoxe anatomique chez les Mammifères adultes; l'ontogénèse, en montrant l'origine de ses diverses parties, non seulement le rend intelligible, mais permet d'y retrouver les lois qui président à l'organisation des centres nerveux plus simples.

Mais en expliquant les organes complexes, en en faisant connaître l'origine et les transformations secondaires, la forme morphologique ou analytique de l'Embryologie permet aussi leur comparaison rationnelle avec des organes semblables ou très différents en apparence, existant dans d'autres espèces animales, dans d'autres genres et même dans d'autres groupes. C'est surtout grâce à elle que l'Anatomie comparée a pu établir sur des bases solides les notions si fécondes de l'homologie et de l'analogie, de l'adaptation fonctionnelle, etc.

L'Embryologie est donc, et surtout a été, pour l'Anatomie comparée, et d'une façon plus générale pour la Morphologie, un instrument de dissection, très fin, très parfait et très sûr, mais pas davantage. La grande Ecole allemande qui régenta la Morphologie jusqu'à la fin du XIXe siècle, celle de Gegenbaur, considérait l'Embryologie comme un serviteur assez fidèle, mais qui devait s'abstenir de toute personnalité sous peine de commettre les erreurs les plus grossières.

Beaucoup d'embryologistes aspirèrent cependant à de plus nobles destinées quand E. Haeckel développa et précisa la célèbre loi biogénétique dite « de récapitulation ». On en connaît l'histoire : Darwin venait de vivifier l'hypothèse transformiste, en montrant par des exemples concrets que l'évolution des organismes dans le temps était explicable par des lois naturelles et simples, accessibles à l'observation et même à l'expérimentation. Dès ce moment, des vues spéculatives sur la valeur de l'Embryologie en tant que science explicative, dues à Serres, à Fritz Müller, etc., apparurent, à bien des esprits, plus consistantes qu'il n'avait semblé jusqu'alors.

Selon la théorie transformiste, les êtres vivants sont les survivants actuels d'une longue série d'organismes dont la structure va en se simplifiant au fur et à mesure qu'ils se rapprochent de l'ancêtre primordial, lequel était sûrement unicellulaire.

Or, au cours de son ontogénèse, tout animal revêt aussi une longue série de formes qui se compliquent d'autant plus qu'elles s'éloignent davantage de la cellule initiale qu'est l'œuf fécondé.

Serres avait déjà très nettement exprimé l'idée que les deux évolutions, celle de la lignée (Phylogénèse), et celle de l'individu (Ontogénèse), sont le décalque l'une de l'autre. Plus tard, E. Haeckel, grâce à des arguments beaucoup plus solides que ceux invoqués par Serres, entraîna, chez la majorité des biologistes, la conviction que cette idée était exacte et l'énonça dans la formule si souvent reproduite : l'ontogénèse est une récapitulation rapide de la phylogénèse.

Cette loi eut un succès prodigieux et qui s'explique aisément. On voyait dans l'Embryologie un moyen inespéré de parvenir à retracer, non seulement dans ses grandes lignes, mais encore avec une grande précision de détails, toute l'histoire de la vie sur le globe depuis le moment où elle y est apparue. Dans l'enthousiasme du début, zoologistes et anatomistes s'imaginèrent qu'il ne dépendait plus que de leur labeur d'établir scientifiquement l'arbre généalogique de toutes les espèces animales, y compris l'homme.

C'était une exagération évidente, mais tous ne s'en sont pas immédiatement rendu compte. On a vu les auteurs, et Haeckel tout le premier, découper l'ontogénèse, qui cependant forme un tout et suit une marche continue, en un certain nombre d'étapes, de stades, destinés à marquer, comme autant de jalons, la voie suivie par l'évolution phylogénétique.

Ces stades étaient l'image, plus ou moins fidèle, de formes ancestrales, ayant vécu, telles quelles ou à peu près, dans des temps géologiques si éloignés que jamais la Paléontologie n'en pourrait retrouver les traces. C'est en partant des mêmes principes que, notamment dans les années comprises entre 1875 et 1895, on a bâti, sur les données tirées de l'Embryologie, tant de formes souches, de prototypes, d'archétypes purement imaginaires et dont beaucoup, comme on l'a souvent fait remarquer, eussent été physiologiquement incapables de vivre.

La science allemande, qui affectionne les grandes représentations schématiques dans lesquelles toutes les découvertes viennent s'encadrer automatiquement, a, plus que toute autre versé dans ces excès.

Aujourd'hui on est revenu à une plus saine appréciation des choses; toutes les théories

phylogénétiques trop complètes sont tombées dans un oubli dont elles ne sortiront pas.

On entend même souvent proclamer, en France surtout, la faillite de cette période de l'activité scientifique où la loi de récapitulation était à la base de tous les travaux de Morphologie.

A notre avis, le mot faillite est fort exagéré et nous croyons utile d'insister quelque peu sur ce point.

Il ne serait pas difficile de montrer que la loi de récapitulation, prise au pied de la lettre, est d'une invraisemblance telle que l'on conçoit mal, quand on y réfléchit, que tant de bons observateurs l'aient adoptée comme un article de foi.

Parmi les auteurs qui en ont le mieux fait ressortir les faiblesses, et qui ont aussi le mieux montré les restrictions qu'il faut y apporter, il convient de citer O. Hertwig en Allemagne, et Vialleton en France; personnellement, nous partageons pleinement la manière de voir qu'ils ont exprimée.

En réalité, l'ontogénèse n'est jamais une récapitulation de la phylogénèse, mais il arrive souvent que certains détails ou certaines périodes du développement individuel affectent une allure spéciale, un cachet particulier, qui ne peuvent être interprétés que comme l'empreinte, encore persistante, d'une influence ancestrale.

Un exemple, très simple, fera bien saisir notre pensée. Au cours du développement des Vertébrés Amniotes, et par conséquent chez l'embryon humain, il se forme un certain nombre (5 et peut-être 6) d'évaginations des parois latérales du pharynx, qui viennent s'appliquer contre des invaginations épidermiques en nombre égal, et constituent ainsi des ébauches de fentes branchiales aussi caractéristiques que celles qui apparaissent, aux mêmes stades, chez les Poissons les plus primitifs. Seulement, chez les Amniotes, elles ne vont jamais plus loin, et s'atrophient avant d'être devenues des *fentes*.

On est donc fort tenté d'admettre que ces ébauches ne sont rien d'autre que des vestiges ancestraux sans utilité et sans fonction, qui se répètent comme par le souvenir d'un état antérieur. Ce serait cependant tout à fait inexact. En effet, l'appareil branchial, chez les Vertébrés, ne se compose pas seulement des fentes, mais aussi d'une série de glandes annexes : thymus, glandules parathymiques et thyroïdiennes, etc. Les ébauches branchiales des Amniotes servent exclusivement à former ces dérivés glandulaires, et ne disparaissent qu'après qu'il se sont édifiés.

Mais pourquoi l'embryon des Reptiles, des Oiseaux et des Mammifères ne développe-t-il pas son thymus et les glandules voisines par le processus le plus simple et le plus direct, et fait-il, pour y arriver, le long détour des cinq ébauches de fentes branchiales qui sont destinées à disparaître?

Nous ne voyons pas d'autre réponse à cette question que celle-ci : Chez tous les Vertébrés, une même loi préside à la construction du pharynx avec les organes et les glandes qui en dérivent, mais elle ne produit tous ses effets que chez les plus simples et les plus anciens d'entre eux. La réduction qu'elle subit dans ses applications chez les Amniotes est complètement inexplicable si elle n'est pas secondaire, et l'idée s'impose inévitablement à l'esprit qu'il a dû exister, dans la généalogie des Reptiles, des Oiseaux et des Mammifères, une étape pendant laquelle des fentes branchiales existaient le long des parois latérales du pharynx.

On remarquera que nous ne disons nullement que, durant cette étape, l'ancêtre des Amniotes était un Poisson et moins encore qu'il pouvait ressembler à l'un ou l'autre des Poissons connus. Les faits n'autorisent pas une pareille précision. En réalité, l'embryon d'Amniote ne reproduit pas un état ancestral, mais il en subit encore l'influence, et l'observateur la saisit sur le vif, grâce à un crochet inattendu qu'il constate dans le déroulement de l'organogénèse.

L'exemple que nous avons choisi est loin d'être isolé; il n'est même pas le meilleur; son seul avantage est d'être simple et de n'exiger, pour être compris, que des connaissances anatomiques assez banales.

Retenons donc que des crochets, analogues à celui dont nous venons de parler, abondent au cours du développement de la plupart des animaux. Ils s'expliquent très bien dans l'hypothèse transformiste, et comme ils sont complètement inexplicables sans elle, ils constituent autant de preuves directes en sa faveur.

II

Comprise comme il vient d'être dit, la forme phylogénétique ou historique de l'Embryologie, dégagée du fatras des spéculations souvent fantaisistes dont elle était encombrée à ses débuts, démontre, autant qu'il est possible de le faire, la réalité d'une évolution des organismes. Sa valeur, à ce point de vue, est bien plus grande que celle de l'Anatomie comparée, dont les conclusions les plus fermes ne sont jamais que des possibilités; elle dépasse même celle de la Paléontologie, dont les documents, épars et trop souvent discontinus, ont tant de fois déçu le plus belles espérances.

Pourtant, malgré l'aide puissante qu'elle a apportée à la solution d'un des plus grands problèmes de la Biologie, l'Embryologie historique, comme d'ailleurs toutes les sciences morphologiques poursuivant un but analogue, est de plus en plus délaissée ; dans les jeunes générations de chercheurs, très rares sont ceux qui jettent sur elle plus qu'un coup d'œil distrait !

Il y a pour cela une raison qui nous paraît très suffisante. Puisque, de tant de labeur dépensé, la doctrine du transformisme émerge avec une vigueur et une solidité toujours plus grandes, il vaut mieux, pour les progrès de la science, que les activités nouvelles se tournent vers d'autres buts. Il fallait savoir, avant tout, si cette doctrine sortirait victorieuse de l'épreuve des faits et serait ainsi vérifiée *a posteriori*. On le sait maintenant, et dès lors il importe moins de connaître dans les détails l'évolution de chaque espèce animale ; surtout, il n'y a aucune urgence à ce que cette recherche soit faite. On peut, provisoirement, se contenter des données établies, et puisque le transformisme est passé au rang de fait scientifique, il est plus intéressant de l'étudier pour lui-même, en vue d'en connaître la puissance et de discerner les moyens qu'il peut mettre en œuvre pour sa réalisation.

En ce qui concerne spécialement l'Embryologie, un raisonnement analogue a dirigé les efforts dans une voie très féconde, en même temps qu'il donnait à la science elle-même une autonomie plus complète. Il a provoqué l'éclosion de la forme causale de l'Embryologie, dont il nous reste à exposer l'origine et le but.

On peut considérer comme démontré que les détours de l'embryogénèse et de l'organogénèse ont leurs sources dans des causes historiques, et que les détails de l'évolution individuelle sont, pour la plus grande part, l'inévitable manifestation d'un patrimoine héréditaire lentement accumulé dans le germe qui va se développer. Cela étant acquis, une tâche nouvelle s'impose : celle d'analyser les rouages du mécanisme qui préside aux transformations que l'œuf fécondé subit pendant qu'il évolue en un embryon, puis en un organisme nouveau ; de rechercher, en d'autres termes, les causes actuelles et immédiates du développement embryonnaire.

Or, il apparaît bien vite que les problèmes qui, à ce point de vue, s'offrent à l'observation sont parmi les plus amples et les plus captivants de la Biologie.

En règle très générale, tout organisme procède d'un œuf fécondé. Mais cet œuf est loin d'être la « simple cellule », comparable au Protiste primordial que voulait y voir la loi de récapitulation. On sait très bien qu'il n'a devant lui que deux éventualités : mourir, ou donner naissance, suivant des lois rigides, à un organisme semblable à celui dont il provient lui-même. La cellule-œuf possède, à coup sûr, toutes les propriétés physiologiques ordinaires de la substance vivante, mais, en plus, elle en a une autre : celle d'assurer la continuité et la persistance, non pas simplement de la vie, mais bien des organismes, à la surface du globe. C'est cette propriété spécifique qui constitue l'objet propre de l'Embryologie causale.

Les morphologistes purs ont cru tout expliquer ou, plus exactement, se sont tirés d'affaire en invoquant le patrimoine héréditaire, en mettant au compte de l' « hérédité » tout ce qui imprime au développement individuel son caractère déterminatif et en impose le résultat final ; et, comme pour renforcer encore le sens mystique du mot lui-même, on en a fait l'apanage de certaines molécules, de certaines granulations, de certaines substances contenues dans l'œuf et dans les cellules en général. L'hérédité aurait donc ses organules dont elle serait la fonction, tout comme la bile est sécrétée par le foie.

Un semblable raisonnement est, pour nous, vide de tout sens scientifique. Le problème des causes du développement n'acquiert sa grandeur et sa beauté qu'à la condition de rejeter délibérément l'idée vitaliste et, au fond, purement *anatomique* des « substances ou organes directeurs » et de comprendre, sous le vocable d'hérédité, tout ce qui se passe dans l'œuf depuis le moment où il prend naissance jusqu'à celui où un organisme en naît, toutes les actions et les réactions dont il est le siège, quel que soit leur substratum, et quels que soient l'endroit et le moment où elles se produisent. Il faut, pour le progrès de la science, partir de cette idée que l'hérédité réside dans la composition chimique et physique de l'œuf entier et nullement d'une de ses parties ou d'un de ses éléments. C'est de cette composition que dépend toute la physiologie de l'œuf, c'est d'elle que dépend aussi l'influence que le milieu où il vit peut exercer sur la marche du développement. Celle-ci, dans l'ordre rigoureux et inéluctable qu'elle suit, est la *résultante* d'une infinité d'interactions, qui agissent comme autant de causes et répondent à des lois.

Dans la masse imposante des travaux dont, grâce à l'impulsion donnée par W. Roux, Chabry, Morgan et bien d'autres, l'Embryologie causale a fait l'objet, le mot hérédité est rarement

prononcé : il n'y est pourtant question que d'elle, mais elle porte d'autres noms qui parlent plus clairement à l'esprit scientifique. Il suffira d'en citer quelques-uns pour que le lecteur saisisse le programme que s'est tracé cette discipline scientifique. On y parle, en effet, de mécanique du développement embryonnaire, de localisations germinales dans l'œuf, de manifestations dynamiques de la fécondation, de potentialités réelles et totales des blastomères, de différenciations spontanées et différenciations provoquées, de corrélations fonctionnelles, de subordination des parties du germe, d'équilibre physique et chimique de l'œuf mûr, de l'œuf fécondé, ou des blastomères ; on y trace des courbes de l'utilisation des matériaux cytoplasmiques, on y étudie les variations de la tension osmotique aux différents stades, les réactions de l'œuf aux changements dans la composition du milieu, etc., etc. Il est enfin des chapitres dont l'entête suffit à préciser le but et la technique; tels sont, par exemple, la parthénogénèse expérimentale, la mérogonie, etc.

On voit, par ce rapide énoncé, que toute préoccupation phylogénétique est bannie du plan d'études de l'Embryologie causale. Celle-ci est une science analytique; elle doit adapter sa technique à son but, et c'est elle qui dicte le choix des matériaux d'études. Il importe peu que l'animal choisi soit primitif ou non ; l'essentiel est qu'il soit commode, abondant et maniable, qu'il présente clairement le phénomène que l'on cherche à comprendre.

Quant à la méthode qu'il convient d'employer, c'est, avant tout, l'expérimentation. Mais, étant donnée la nature même des objets sur lesquels elle porte, et que dans bien des cas elle est instituée en vue de l'analyse et de l'interprétation d'aspects qui ne sont visibles qu'au microscope, l'expérience doit très fréquemment être suivie d'une étude cytologique conforme aux règles de la meilleure technique. La description et la comparaison jouent donc, en Embryologie causale, un rôle plus important qu'en Physiologie; c'est par elles, en effet, que, dans bien des cas on peut juger des conséquences de l'intervention expérimentale.

On entend parfois dire que les recherches purement descriptives sont sans utilité réelle pour l'Embryologie causale, et certains savants, que leur enthousiasme pour les tendances nouvelles rend quelque peu sectaires, affichent à leur égard un dédain que rien ne justifie.

Evidemment, la description, si précise et minutieuse qu'elle soit, d'un embryon, d'un stade ou même d'une série de stades espacés, comme on le fait souvent en Morphologie, n'a qu'un intérêt médiocre, mais il n'en est plus de même quand l'observateur s'attache surtout à tracer une évolution complète, c'est-à-dire quand il porte particulièrement son attention sur la continuité du développement, et sur les processus grâce auxquels les « stades », en se succédant, dérivent les uns des autres.

Ainsi donc, la description embryologique diffère essentiellement, par sa portée, de la description anatomique. Celle-ci fixe un état, elle est un document et rien de plus; celle-là cherche à reconstituer la vie dans son déroulement normal, l'état ne l'intéresse que par la façon dont il a été réalisé, parce qu'il dérive d'un autre qui l'a précédé et sera le point de départ d'un autre encore dans lequel il se continuera.

Ainsi comprise, la description analytique jette les bases nécessaires à la recherche de la causalité. Souvent l'expérience ne fait que donner la preuve décisive des conclusions que l'étude attentive d'un développement normal avait suggérées. Plus souvent encore, la recherche simplement descriptive permet de préciser et de formuler dans des termes convenables les problèmes que l'expérimentation aura à résoudre.

On voit donc que, par son but comme par ses méthodes, l'Embryologie causale se rattache à la Physiologie. Elle est pourtant essentiellement la science des formes, puisqu'elle s'est assigné comme mission de découvrir les causes et les facteurs de l'édification des régions du corps, des organes et des structures fonctionnelles. Après un long détour, pendant lequel elle s'est mise au service d'autres disciplines de la Biologie, la science du développement des êtres organisés a pris place parmi les branches de l'activité scientifique où l'on cherche, par l'expérience, à déterminer les causes des phénomènes. Ainsi le vieil antagonisme entre la Physiologie et la Morphologie disparaît, et en même temps se fait sentir le besoin d'une union toujours plus intime.

III

Nous venons d'examiner l'Embryologie dans les trois tendances qu'elle affecte : morphologique, historique et causale; nous avons vu le but que chacune d'elles poursuit, et nous voudrions, pour terminer cet article, dire un mot de leur avenir probable.

L'Embryologie morphologique étant, comme nous l'avons fait remarquer, un instrument, une méthode de travail, on peut prévoir les limites de son avenir. Il est certain qu'on l'utilisera beaucoup encore, chez les Vertébrés et surtout

chez les Invertébrés ; on aura besoin d'elle tant que seront insuffisamment connues la structure des organismes, les homologies et les analogies qui existent dans les divers groupes et entre les représentants de chacun d'eux. Cette tâche terminée, l'outil sera abandonné.

Or, il est incontestable que l'œuvre accomplie dans cette direction est déjà fort importante et que le champ des recherches est largement défriché. Le nombre de questions vraiment importantes qui restent à élucider est, pour certains groupes du moins, singulièrement réduit. Il est vrai que de nouvelles idées peuvent surgir, des formes ignorées peuvent être découvertes, qui remettront en question des faits que l'on considérait comme acquis. En faisant une large part à l'imprévu, les morphologistes auront encore une mission importante à remplir.

En ce qui concerne la tendance historique de l'Embryologie, nous avons déjà dit qu'elle est fort délaissée depuis quelques années, et nous en avons donné le motif principal. Il est certain qu'on se lasse des discussions sans cesse renaissantes sur les ancêtres plus ou moins authentiques de tel ou tel groupe animal, sur la valeur et la signification de formes souches qui sont en général fort bien adaptées à leur vie actuelle.

On a fait de l'Embryologie historique un très mauvais usage ; le noyau de vérité qu'elle contient a été submergé sous un nombre immense de « considérations théoriques », complètement invraisemblables, ou sans aucun intérêt, et l'on tend, maintenant, à rejeter le tout en bloc. Nous avons dit, et nous répétons, que ce serait une grave erreur.

Ce noyau de vérité est fort précieux : il impose la conviction de la réalité du transformisme, et dans l'état actuel de la science, un pareil argument ne doit pas être négligé.

Mais il est bien démontré, d'autre part, que l'Embryologie historique est incapable d'atteindre le but que ses fondateurs lui avaient assigné. Elle permet d'entrevoir les fantômes de quelques stades ancestraux, mais elle outrepasse ses droits quand elle cherche à les concrétiser. Dès lors, trop souvent, le labeur dépensé est hors de proportion avec les résultats acquis, et cela n'est pas de nature à encourager les jeunes initiatives.

Reste l'Embryologie causale. Nous n'hésitons pas à dire que l'avenir est à elle. Elle s'adapte à l'esprit scientifique moderne, épris d'analyse et qui se méfie des grandes synthèses, soucieux d'exactitude et qui se détourne de plus en plus des représentations schématiques. Elle a devant elle un large et beau programme ; la technique est délicate et difficile, mais elle est susceptible de se perfectionner. Enfin, elle passionne les chercheurs, parce qu'ils sentent que c'est la vie elle-même, dans une des plus complexes de ses manifestations, qu'ils soumettent à l'épreuve de l'expérience et de la logique.

A. Brachet,
Professeur à l'Université de Bruxelles.

LES PROJECTEURS ÉLECTRIQUES

Dans les opérations militaires qui se poursuivent incessamment, de jour et de nuit, les armées en présence doivent employer des appareils lumineux destinés à éclairer à distance les buts à atteindre ou les endroits suspects d'où l'on doit dépister les attaques. Cet effet ne peut être obtenu que par les projecteurs électriques; l'arc électrique est, en effet, facile à produire et sa grande puissance lumineuse permet d'obtenir une longue portée.

Le premier projecteur électrique est dû à M. Louis Sautter, qui l'avait construit et installé en 1867 à bord de l'*Héroïne* : il se composait d'un arc électrique placé au foyer d'une lentille à échelons de Fresnel.

Depuis cette époque, les projecteurs ont reçu d'importants perfectionnements, dont le principal a été l'emploi d'un miroir parabolique, analogue à ceux employés en Astronomie. D'autre part, la manœuvre à distance de ces appareils bénéficiait des progrès de l'Electrotechnique. Il est utile, en effet, pour la facilité de l'observation, que l'observateur ne se trouve pas au voisinage immédiat du projecteur, d'où la nécessité de pouvoir commander toutes les évolutions de l'appareil d'un poste placé à quelque distance de celui-ci et où, par surcroît, l'observateur pourra être abrité.

Depuis quelques années, les projecteurs ont reçu d'autres applications que celles exclusivement militaires ou navales. On les emploie notamment pour la décoration lumineuse des édifices. C'est ainsi qu'à l'Exposition qui a lieu actuellement à San-Francisco, l'éclairage extérieur des bâtiments est réalisé par des projecteurs puissants, qui produisent des effets lumineux artistiques. Sur une petite jetée établie spécialement sur le front de la baie de San-Francisco, on a notamment placé une batterie de quarante-huit projecteurs de $0^m,90$ de diamètre, ayant une puissance totale de 2.600 millions de bougies.

Les projecteurs modernes se composent de trois organes distincts : l'appareil optique, la source lumineuse, le support ou affût, avec l'appareil de commande ou d'asservissement permettant de braquer le projecteur. Nous examinerons successivement ces trois organes et nous donnerons ensuite quelques indications concernant l'emploi des projecteurs à la guerre.

I

L'appareil optique des projecteurs est un miroir concave, au foyer duquel on place la source lumineuse. Le miroir était d'abord sphérique, en verre argenté sur sa face postérieure.

Le projecteur construit en 1877 par le colonel Mangin comportait un miroir dont les deux surfaces avaient des rayons différents, de manière que son épaisseur fût plus grande aux bords qu'au centre, et il était argenté sur la face extérieure. Il se comportait alors comme un miroir sphérique normal, devant lequel on aurait placé une lentille divergente, ce qui permettait de corriger l'aberration de sphéricité par réflexion du miroir, par l'aberration par réfraction de la lentille divergente.

Quand les progrès du travail du verre l'ont permis, on a employé des miroirs paraboliques, donnant également un faisceau de lumière cylindrique.

Toutefois, la fragilité du verre était toujours un inconvénient pour des appareils destinés à affronter les risques de la guerre. Aussi s'est-on efforcé, depuis une dizaine d'années, de construire des miroirs entièrement métalliques. La Société Sautter, Harlé et Cie en a créé en bronze doré qui donnent de très bons résultats. Si l'or a un pouvoir réflecteur moindre que l'argent, il a l'avantage d'être inaltérable, qualité indispensable. Les miroirs dorés possèdent encore une autre qualité, due à une influence purement physiologique. Ils réfléchissent, en effet, beaucoup moins de rayons violets et ultraviolets que les miroirs argentés, et l'on sait que ces rayons exercent sur l'œil une action pernicieuse contre laquelle, par réflexe, se défend notre organe au moyen d'une contraction de la pupille. Avec les miroirs dorés, au contraire, les rayons jaunes ou rouges dominent dans le faisceau réfléchi, et sont sans action sur l'organe visuel, qui conserve toute son acuité. La faculté de perception de l'observateur sera donc plus grande avec un miroir doré qu'avec un miroir argenté.

L'éclairement produit par le miroir à grande distance varie en raison inverse du carré de la distance, ainsi que l'a établi analytiquement M. Blondel en 1894. Il a démontré que le projecteur se comporte comme un disque circulaire plan ayant pour éclat celui de la source i multiplié par un coefficient de transmission K et par un coefficient d'effet optique U. L'intensité lumineuse peut ainsi être considérée comme proportionnelle à la surface du miroir projetée sur un plan perpendiculaire à l'axe optique. La distance focale n'influerait donc pas, théoriquement, sur la puissance lumineuse.

Mais, avec les projecteurs à court foyer employés actuellement, le calcul du flux moyen total, qui correspond à l'effet utile du projecteur, fait entrer en ligne de compte la distance focale du miroir. Ce calcul vient d'être exposé très clairement par M. Jean Rey dans une étude sur *la portée des projecteurs électriques* [1] qui constitue un document d'une haute importance sur le fonctionnement de ces appareils. Il a montré que la valeur de l'éclairement moyen croît en passant d'une distance focale très courte, égale au tiers du diamètre, jusqu'à une distance focale relativement longue, égale aux deux tiers environ du diamètre : le maximum d'éclairement correspondrait à une distance focale égale à 0,687 du diamètre, pour les arcs à bas voltage, et à une distance focale de 0,664 du diamètre pour les arcs à haut voltage. En pratique, la distance focale est généralement les 40 à 50 % du diamètre.

Le rendement du projecteur, en tant que réflecteur, varie suivant que le miroir est en verre ou en métal. Pour les miroirs en verre, on arrive à un rendement total d'environ 0,90. Sur les miroirs métalliques, en cuivre doré, la réflexion varie avec les diverses longueurs d'onde. Pour une longueur d'onde de 450, correspondant au violet extrême, le pouvoir réflecteur n'est que de 37 %, alors qu'il s'élève à 92, 3 % pour le rouge. Les réflecteurs dorés ont donc une action sélective, et réfléchissent une lumière riche en rayons rouges et jaunes ; leur rendement moyen s'élève à 85 %. Le rendement effectif du projecteur est encore réduit par la porte en glace qui le ferme, par l'occultation due à la lampe, aux tiges et câbles, et par celle due aux volets de fermeture, composés de lames de persienne qui se placent parallèlement à l'axe de l'appareil dans la position d'ouverture, leur épaisseur produisant alors une occultation qui n'est pas négligeable. En tenant compte de tous ces éléments, M. J. Rey a calculé que le rendement total d'un projecteur varie de 0,52 pour un appareil de $0^m,30$ de diamètre, à 0,66 pour un projecteur de 2 mètres de diamètre.

II

L'arc électrique étant la source lumineuse qui a le plus grand éclat, c'est celle que l'on a adoptée partout pour les projecteurs. Avec l'arc électrique on peut dépasser, en effet, un éclairement de 250 bougies par millimètre carré, tandis qu'avec la lumière oxhydrique, par exemple, on n'atteint qu'une dizaine de bougies par millimètre carré.

Comme on le sait, l'arc électrique continu, qui se produit entre deux charbons, entraîne la formation d'un cratère au pôle positif et d'une pointe au pôle négatif ; le pôle positif donnant la plus grande partie de la lumière (environ 95 %), on le place au foyer du projecteur ; le charbon négatif agit alors comme un obstacle qui arrête une partie du flux lumineux ; il y a donc intérêt à lui donner le plus petit diamètre possible. D'autre part, l'éclat intrinsèque photométrique du cratère croît avec la densité du courant dans le charbon positif. Le diamètre du cratère peut être représenté par l'expression $\varsigma = a\sqrt{DI}$, D étant le diamètre du charbon positif et I l'intensité. On est donc amené à réduire le diamètre des charbons, mais on est limité dans cette voie par l'échauffement exagéré des électrodes ; d'autre part, on a constaté expérimentalement que l'éclat se rapproche d'une valeur constante lorsqu'on fait varier la densité du courant en raison inverse de la racine carrée du diamètre.

On a recherché les charbons capables de supporter de très fortes densités de courant, en assurant une stabilité suffisante pour l'arc, et l'on est parvenu à obtenir des éclats considérables avec des charbons très homogènes et de fabrication soignée. C'est ainsi qu'avec un charbon positif de 49 millimètres, un courant de 250 ampères sous 62 volts donne un flux lumineux d'environ 290.000 lumens.

Pour augmenter encore l'éclat intrinsèque du cratère, on a eu l'idée de refroidir les électrodes, pour pouvoir augmenter la densité du courant. Ce refroidissement a été réalisé récemment par un ingénieur américain, M. Beck, qui a construit un projecteur dont chaque électrode est entourée par un tube dans lequel circulent des vapeurs d'alcool. Ces vapeurs sont ensuite projetées à l'extrémité des électrodes mêmes et, tout en s'enflammant, elles en abaissent la température. On pourrait ainsi réaliser un arc consommant 150 ampères avec un charbon positif de 16 millimètres de diamètre, au lieu de 38 dans les arcs ordinaires, et un charbon négatif de 11 millimètres. L'usure des électrodes serait très réduite. Ce projecteur a été expérimenté avec succès, paraît-il, par la Marine des Etats-Unis.

Le cratère du charbon positif, qui constitue la source lumineuse proprement dite, doit être maintenu au foyer du miroir. Pour cela, les constructeurs ont imaginé divers systèmes électromécaniques intéressants.

Nous signalerons celui employé par MM. Barbier, Benard et Turenne, dans leur projecteur

1. Berger-Levrault, éditeurs, Paris, 1915.

automobile construit, il y a quelques années, pour l'Armée française, et qui a été décrit dans le *Génie civil*[1].

Dans ce système, le mécanisme de réglage est commandé par un petit moteur série M (fig. 1), qui attaque, par l'intermédiaire des engrenages *a b c d e*, la vis V à double filetage dont les écrous mobiles entraînent les porte-charbons dans le sens voulu. En même temps, la rotation de l'axe intermédiaire *f* bande un ressort en spirale, dont une extrémité est vissée sur le moyeu *m*, tandis que l'autre extrémité, solidaire du barillet *n*, tend à l'entraîner dans le sens où le ressort est bandé.

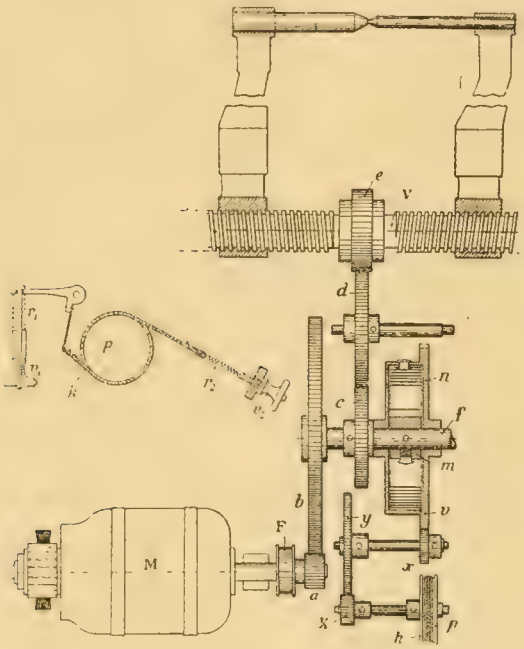


Fig. 1. — *Schéma du mécanisme de réglage de la lampe à arc.*

Le barillet porte une roue dentée v engrenant avec un train d'engrenages xyz, dont le dernier pignon est calé sur l'axe d'une poulie p (la cordelette de cette poulie est tendue par les ressorts antagonistes r_1 r_2 et les vis v_1 v_2). Ce frein est réglé de façon à limiter la tension du ressort en spirale, qui, au bout d'un certain nombre de tours du moteur M, entraîne le barillet solidairement avec l'axe *f*.

Le montage électrique est représenté sur la figure 2. Quand on ferme l'interrupteur I (fig. 2), la dérivation établie entre ses bornes excite d'abord les inducteurs *i* du moteur, puis, par l'intermédiaire du relais R, dont la palette *p* est attirée (sous l'influence de *i*), elle ouvre le circuit *a b c d e f*, malgré le ressort antagoniste *s*, et détermine le démarrage du moteur M. Les charbons se rapprochent alors par suite de la rotation de la vis V (fig. 1) et, quand ils viennent en contact, le court-circuit qui en résulte fait déclencher la palette *p*, amenée par le ressort *s*, c'est-à-dire que le circuit *a b c d e f* se trouve de nouveau

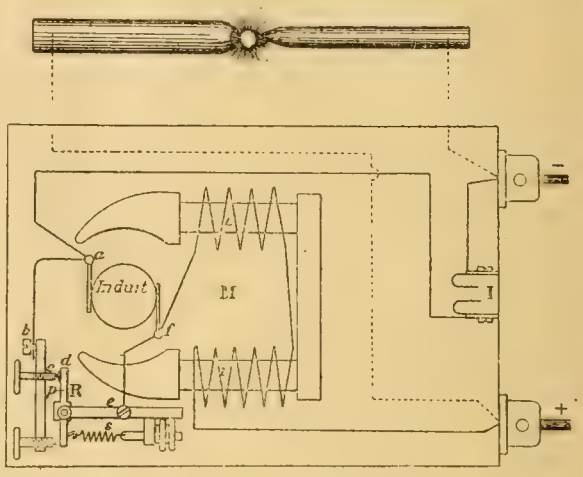


Fig. 2. — *Schéma des connexions de la lampe à arc.*

fermé, et que le moteur M s'arrête. Mais le ressort en spirale, qui est toujours bandé, depuis le commencement de la rotation du moteur, se débande alors rapidement, et écarte les charbons entre lesquels jaillit l'arc ; le projecteur éclaire donc, jusqu'à ce qu'on coupe le courant aux bornes.

III

Ainsi que nous l'avons indiqué, l'observateur doit se placer à une certaine distance du projecteur. Il doit pourtant commander le déplacement de l'appareil en tous sens, et ces mouvements doivent être assurés avec une grande précision : en effet, si le but se trouve à 3.000 mètres, par exemple, un déplacement angulaire d'un degré de l'axe du projecteur suffira pour déplacer de plus de 50 mètres la plage lumineuse. Pour obtenir les mouvements voulus du projecteur, on emploie actuellement une commande par servomoteur électrique, établie pour conjuguer les déplacements de l'appareil avec ceux d'une lunette que l'observateur braque sur les endroits qu'il veut éclairer. De cette façon, l'axe du projecteur demeure toujours parallèle à celui de la lunette.

Nous décrirons, à titre d'exemple, quelques-uns des dispositifs d'asservissement employés dans la Marine et dans l'Armée française.

Le dispositif employé par la Société des Anciens Etablissements Sautter-Harlé est basé sur les propriétés du pont de Wheatstone (fig. 3). Il comporte deux rhéostats A et B, montés en dérivation aux bornes de la source d'électricité ;

1. Voir le *Génie civil* du 16 avril 1910.

A appartient au poste de commande et B au poste récepteur. La lunette d'observation entraîne un contact mobile sur A, et un autre contact opère

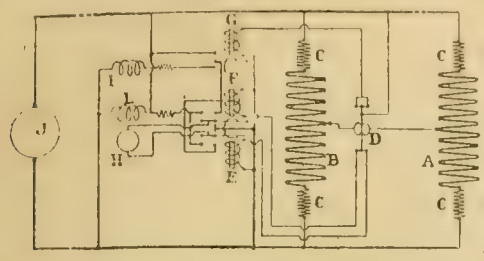


Fig. 3. — *Dispositif d'asservissement de MM. Sautter, Harlé et Cie.*

les mouvements correspondants sur B. Les contacts mobiles de A et B sont reliés par un conducteur sur lequel est monté le galvanomètre D.

Lorsque les contacts mobiles sont respectivement sur les touches correspondantes des résistances A et B, aucun courant ne traverse le galvanomètre D, le système est en équilibre. Si les contacts ne sont pas sur les mêmes touches, le galvanomètre est, au contraire, parcouru par un courant dont le sens dépend de la position relative de ces contacts sur les résistances A et B. Il se déplace donc dans un sens ou dans l'autre. C'est ce galvanomètre qui constitue le servomoteur proprement dit : ses mouvements établissent, en effet, des contacts qui agissent sur les relais E ou F d'un commutateur, qui commande à son tour le moteur de pointage H.

D'autre part, le déplacement du projecteur a pour effet de ramener le contact mobile de B dans le sens voulu pour rétablir la coïncidence des positions des contacts mobiles sur les deux rhéostats A et B. Le galvanomètre reprend donc son équilibre et l'appareil est immobilisé.

Tel est le principe du dispositif d'asservissement; mais, s'il était limité aux organes que nous venons de signaler, la vitesse du moteur du projecteur serait constante, quelle que soit l'amplitude du mouvement; il se produirait donc un arrêt brutal ou des oscillations. Aussi a-t-on complété le mécanisme par l'adjonction d'un second relais, qui augmente la vitesse du moteur quand l'amplitude du déplacement augmente. Pour un mouvement très faible de la lunette, et par suite pour une différence très petite dans la position des contacts mobiles A et B, le galvanomètre établit seulement les contacts correspondant aux relais E et F, qui provoquent la marche à faible vitesse. Si la différence entre les contacts A et B augmente, c'est-à-dire si l'angle de rotation de la lunette est plus grand, le courant qui traverse le galvanomètre augmente également; ce courant passe dans une bobine G et actionne alors un relais qui produit l'accélération du moteur. L'effet inverse se produit au voisinage du parallélisme entre le projecteur et la lunette : le courant diminue dans le galvanomètre ainsi que dans le relais G, qui cesse alors d'agir.

On voit sur le schéma comment ce résultat est obtenu à l'aide du double enroulement d'excitation du moteur H, dont une partie peut être mise hors circuit par l'action du relais G.

Le projecteur comporte naturellement deux systèmes de commande identiques, correspondant l'un au pointage en hauteur, l'autre au pointage en direction. Le poste de commande comporte la lunette d'observation, qui entraîne deux systèmes de frotteurs, correspondant aux résistances des pointages en direction et en hauteur. Il suffit d'un câble à quatre conducteurs pour assurer la communication entre le poste et le projecteur.

La fermeture et l'ouverture des volets d'occultation du faisceau sont commandées, également à distance, à l'aide d'un électro-aimant, enclenché avec un autre relais qui insère dans le circuit de l'arc une résistance supplémentaire, de façon à réduire l'intensité lumineuse et la consommation de courant et de charbons pendant la fermeture des volets.

Un système de commande sensiblement différent a été établi par la maison Bréguet. Dans ce système (fig. 4), le poste de commande est plus complexe : il comporte un petit moteur B, un commutateur D, un plateau inverseur F et un porte-frotteur G portant l'alidade de visée, enfin un inverseur H commandant le sens de rotation du moteur B.

Le projecteur est muni des organes ordinaires de commande : un moteur A, un frein magnétique E et un commutateur C, correspondant à

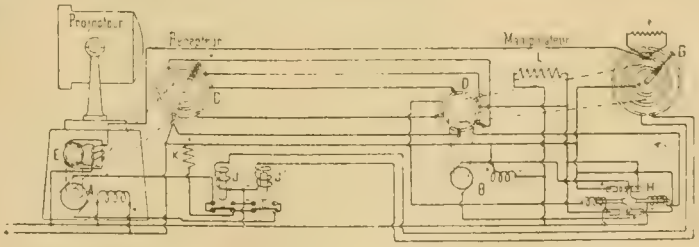


Fig. 4. — *Dispositif d'asservissement de la maison Bréguet.*

celui du poste de commande. A l'arrêt, le moteur A est mis en court-circuit par les relais inverseurs J et J', et le moteur du manipulateur est de même en court-circuit, par suite de la concordance des deux commutateurs. Les déplacements de l'alidade du manipulateur sur le plateau F

provoquent le jeu du relais J ou J', et par suite la mise en marche du moteur du projecteur; la rotation de celui-ci entraîne celle du commutateur C, qui supprime le court-circuit du manipulateur et fait agir l'inverseur H, de façon à donner un sens de rotation convenable au moteur du manipulateur. Ce dernier entraîne alors son commutateur D et le plateau inverseur F, jusqu'à ce qu'il y ait concordance entre les frotteurs des deux commutateurs C et D, et que le plot mort du plateau inverseur soit venu se placer sous le frotteur du porte-alidade, ce qui entraîne la mise en court-circuit et l'arrêt du système.

Le couple résistant du moteur B est sensiblement constant, car les organes commandés ne sont pas influencés par le roulis ou les frottements, comme c'est le cas pour les projecteurs. Mais comme le moteur B n'obéit au déplacement de l'alidade que par l'intermédiaire du projecteur et de son commutateur C, ce moteur a toujours du retard sur celui du projecteur. Lorsque le moteur a ramené le plot mort du plateau F sous le plateau de l'alidade G, l'arrêt du système devrait se produire, mais l'inertie des pièces leur fait dépasser la position du court-circuit, de sorte que le plateau inverseur F provoque un changement de marche du projecteur.

Il pourrait donc se produire des oscillations du projecteur autour de la position cherchée. Pour éviter cet inconvénient, il suffit de ralentir la vitesse du projecteur au voisinage du but, et par suite aussi celle du manipulateur. L'avance du projecteur est alors très réduite, et le balancement ne se produit plus. Pour obtenir ce ralentissement, on dispose un frein électromagnétique E sur l'arbre du moteur du projecteur; le

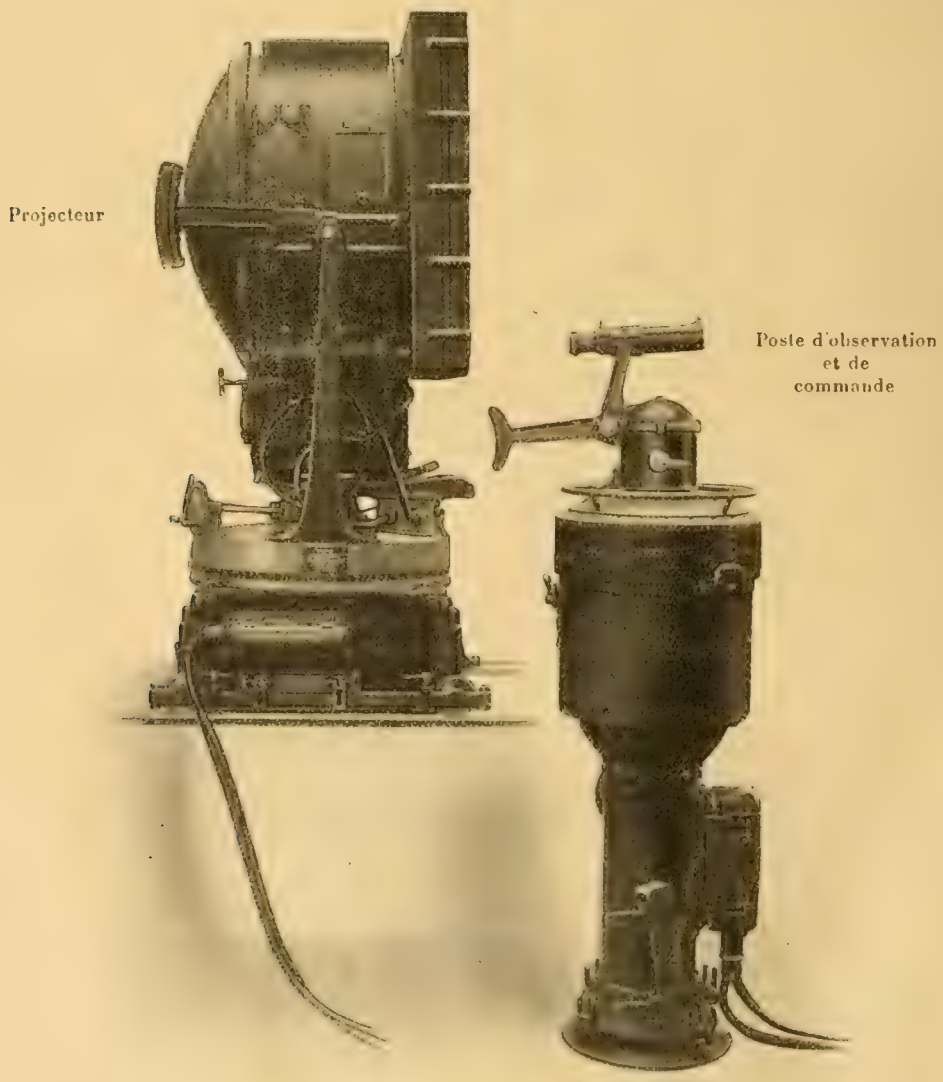


Fig. 5. — *Projecteur de 90 c/m. de diamètre, type cuirassé et croiseur.*

circuit d'excitation de ce frein est relié au plateau inverseur F du manipulateur et à son frotteur, comme le montre le schéma. Le plateau inverseur comporte deux plots de freinage, qui permettent de faire varier graduellement la vitesse du projecteur.

Enfin, le capitaine Viry a imaginé, il y a quelques années, un système d'asservissement très intéressant, qui utilise les propriétés des lames vibrantes, et dont nous indiquerons seulement le principe. Les postes transmetteur et récepteur comportent chacun des lames vibrantes correspondant aux divers mouvements à commander. En actionnant une des lames, on produit dans le circuit un courant vibré dont la période est celle de la lame; ce courant actionne au récepteur la lame accordée pour la même période de vibration, et seulement celle-là, et son mouvement commande la manœuvre voulue.

Fig. 6. — *Projecteur monté sur voiture automobile.*

IV

Avant la guerre, l'emploi des projecteurs était surtout usité dans la marine (fig. 5). On avait vu dans leur usage un moyen de protéger les escadres contre les attaques de nuit des torpilleurs. Au début même, on avait admis que l'escadre devait, par la manœuvre continue des projecteurs, explorer l'horizon, au moyen de faisceaux lumineux, pour démasquer le torpilleur ennemi, avant qu'il se soit approché suffisamment pour lancer sa torpille. Mais cette tactique avait le grave inconvénient de signaler de loin la flotte, de donner des renseignements sur sa composition et ses mouvements. De plus, les faisceaux lumineux issus d'un navire pouvaient, en balayant l'espace autour de lui, éclairer un navire ami, et le désigner ainsi aux coups des torpilleurs ennemis.

Aussi, actuellement, les navires de guerre cherchent à demeurer inaperçus en supprimant tout feu à bord. Les vigies doivent découvrir l'approche des torpilleurs ou sous-marins par la simple vision dans la nuit; ce n'est que lorsqu'elles ont aperçu quelque chose de suspect, ou que l'on est sûr que le navire est découvert, que l'on utilise le projecteur en découvrant les volets d'occultation et en braquant l'appareil sur l'assaillant, pour permettre le réglage du tir. C'est sans doute pour des raisons analogues que l'on a cessé de faire fonctionner d'une manière continue les projecteurs chargés de découvrir dans le ciel parisien les appareils aériens qui pourraient y venir

la nuit ; ils ne sont plus mis en service qu'à l'approche constatée d'un appareil ennemi.

Nos marins avaient acquis une grande pratique dans l'emploi des projecteurs, principalement dans les manœuvres de défense contre les torpilleurs. L'apparition des sous-marins a toutefois rendu leur tâche beaucoup plus difficile.

Dans la guerre actuelle, c'est à terre que les projecteurs ont reçu le plus d'applications. Indépendamment des projecteurs installés à poste fixe pour la défense des places et des ouvrages permanents, les armées possèdent des équipages de projecteurs montés sur chariot à traction hippomobile, ou mieux automobile (fig. 6) ; dans ce dernier cas, en effet, le moteur de la voiture sert, à l'arrêt, à actionner la dynamo qui donne le courant d'éclairage du projecteur. L'appareil est généralement mobile : on le descend du châssis de l'automobile à l'aide d'un plan incliné, et on le roule jusqu'au poste choisi, tandis qu'il reste réuni au véhicule générateur d'électricité par un câble souple, amenant le courant, un autre câble à plusieurs conducteurs assurant la commande à distance.

V

L'observation à l'aide des projecteurs, et l'évaluation de la distance des objets aperçus présentent de sérieuses difficultés pour l'observateur inexpérimenté. En effet, nous sommes habitués à voir les objets éclairés verticalement et l'éclairage horizontal du projecteur change la distribution des ombres, et par suite le relief apparent. Les objets éclairés se détachent en général sur un fond noir, tandis que, pendant le jour, le fond du paysage est éclairé. Il en résulte que les uniformes gris-bleu, qui donnent un minimum de visibilité pendant le jour, sont moins favorables la nuit que les étoffes bleues ou brunes, qui ne réfléchissent que peu de lumière, et ne se détachent pas sur les fonds noirs. L'observateur doit se constituer sur le terrain des points de repère et s'exercer à éluder l'influence perturbatrice des ombres.

Enfin, l'acuité visuelle de l'observateur vient limiter la portée utile du projecteur. On sait que cette acuité se mesure par l'inverse de l'angle sous-tendu par l'objet limite aperçu. L'acuité maximum correspond à un angle sous-tendu de 5 minutes, pour un éclairement de 10 à 20 lux : c'est celle d'une vue très perçante, supérieure à la normale. En partant de cette donnée, M. A. Blondel a récemment calculé d'une manière très complète la portée des projecteurs et a établi les formules générales donnant la solution du problème des portées[1]. Nous ne pouvons reproduire ici les calculs de l'éminent professeur; nous indiquerons seulement qu'il a montré que l'effet de l'acuité visuelle sur la portée des projecteurs est analogue à l'effet de la transparence atmosphérique, mais plus fort. Il s'en suit que la visibilité du but décroît très rapidement, et beaucoup plus vite que la portée du projecteur. M. Blondel montre qu'un objet de 7 mètres environ de longueur (maison ou bateau), étant vu à l'œil nu à un kilomètre, grâce à une acuité visuelle ordinaire, et sous l'éclairage d'un projecteur donné, si l'objet se trouve transporté à une distance cinq fois plus grande, pour qu'il soit vu avec la même netteté, il faudrait multiplier l'intensité de la source lumineuse : par $(10^{0,41})^5$, ou par 100 environ, pour tenir compte de l'acuité visuelle, par $5^2 = 25$ pour tenir compte de l'influence de la distance sur l'éclairement, et enfin par $\frac{a^2}{a^{10}} = a^{-8}$, a étant le coefficient de transparence de l'atmosphère, pour tenir compte de l'absorption atmosphérique. Si $a = 0,70$, on voit que l'intensité devrait être multipliée par un facteur unique égal à 42.000 environ.

D'après les expériences de M. Rey, on peut, d'ailleurs, évaluer la portée l d'un projecteur par l'équation suivante :

$$l = (2\,\Delta)^{0,575}$$

l étant mesurée en kilomètres et le diamètre Δ du projecteur en décimètres, la transparence atmosphérique étant de 0,9. D'autre part, l'éclairement produit par une série de projecteurs à haut voltage a pu être représenté, par le même auteur, par une courbe dont l'équation est :

$$\varepsilon = 0,02305\,\Delta^{1,72}$$

On voit que l'exposant de l'exponentielle des portées est beaucoup plus faible que celui de l'exponentielle des éclairements; il s'en suit que la portée croît beaucoup moins vite que l'éclairement, pour une même série de projecteurs.

En arrière de la portée utile d'un projecteur, vite limitée, il existe donc une zone importante où l'éclairement est encore très sensible pour les personnes qui s'y trouvent, sans profit pour l'observateur. Ceci explique l'illusion d'aviateurs ou de combattants à terre qui se sont trouvés enveloppés dans le faisceau lumineux d'un projecteur ennemi, et qui, se croyant découverts, ont cru devoir se mettre à l'abri, alors qu'ils devaient être invisibles pour les observateurs placés près des projecteurs. Dans l'intéressante étude de

1. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séances des 11 et 25 janvier 1915 (t. CLX, nos 2 et 4).

M. J. Rey, que nous avons signalée précédemment, l'auteur donne quelques exemples de ces illusions. Il signale ainsi le cas d'un aviateur chargé d'une opération de nuit au-dessus des lignes allemandes, en Belgique, et déclarant avoir été éclairé, à une distance de 12 kilomètres, par le faisceau d'un projecteur puissant, auquel il s'est efforcé d'échapper. Or, il suffisait, pour produire cette illusion, d'un éclairement de 0,05 lux, lequel permet de lire l'heure à une montre, et cet éclairement pouvait être produit par un projecteur de 1 m. 10 de diamètre (calibre maximum des appareils de campagne allemands) situé à 12 kilomètres. Mais pour que l'observateur, placé à la même distance que le projecteur, ait pu apercevoir l'avion, celui-ci aurait dû recevoir un éclairement minimum de 0,23 lux, éclairement qui n'aurait pu être obtenu à cette distance (avec un coefficient de transparence atmosphérique de 0,85) que par un projecteur dont le diamètre aurait atteint 4 m. 75, c'est-à-dire par un appareil pratiquement impossible à construire, ou en tout cas à manier sur le champ de bataille.

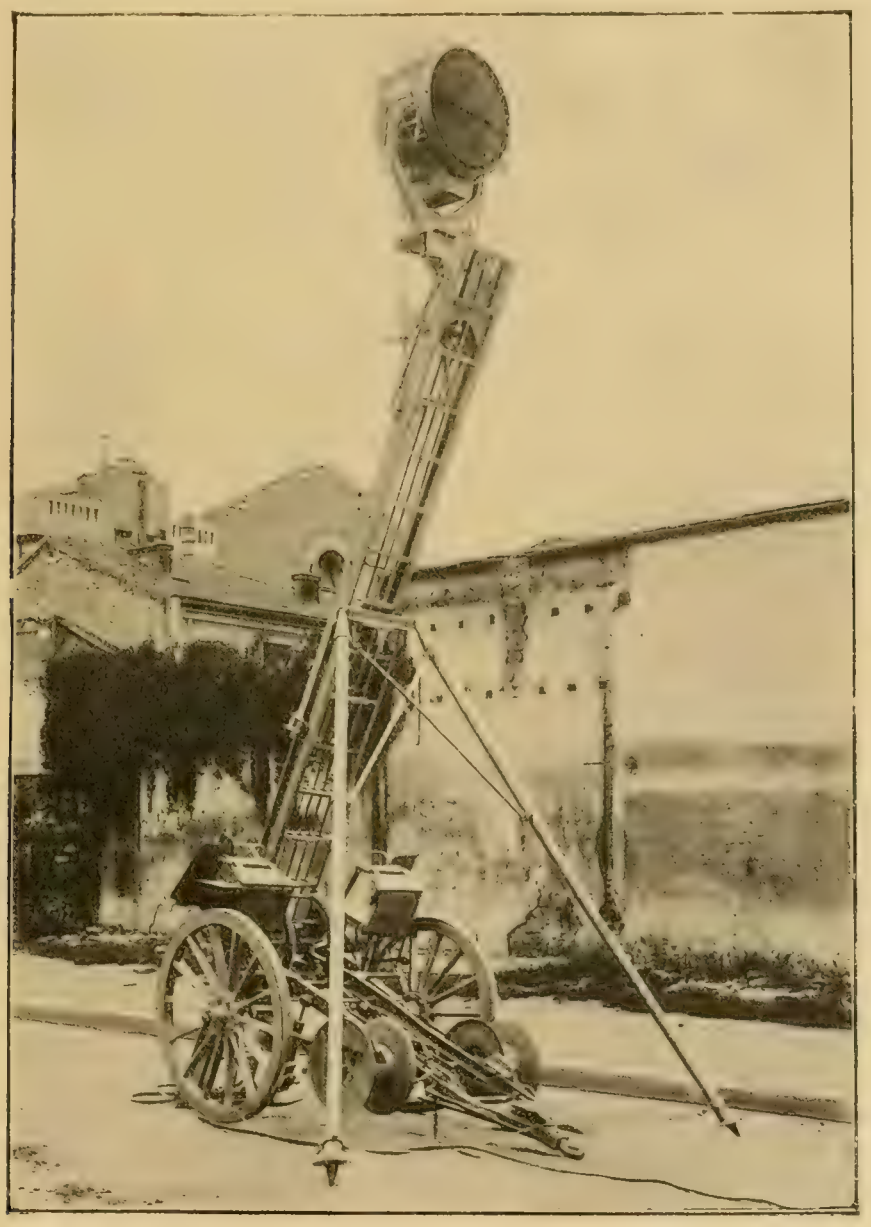


Fig. 7. — *Projecteur monté sur échelle.*

P. Calfas,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Burali-Forti (C.), *Professeur à l'Académie militaire de Turin, et* **Marcolongo** (R.), *Professeur de Mécanique rationnelle à l'Université de Naples.* — **Analyse vectorielle générale. I : Transformations linéaires. II : Applications à la Mécanique et à la Physique.** — *2 vol. in-8° de 180 et 144 p. (Prix : 6 et 5 fr.) Editeurs : Mattei et Cie, Pavie ; Hermann et fils, Paris ; Bowes et Bowes, Cambridge, 1913.*

Ces deux volumes font partie d'une série publiée sous le titre générique : *Analyse vectorielle générale*, et consacrée à l'exposition, par divers auteurs, de sujets intéressants de Physique mathématique et de Géométrie différentielle. Ils se rattachent à l'étude du domaine vectoriel, entreprise il y a quelques années par MM. Burali-Forti et Marcolongo, qui ont fixé dans une forme simple, logique et uniforme, un système vectoriel général permettant de traiter d'une façon absolue n'importe quelle question de Physique mathématique, de Mécanique et de Géométrie différentielle. Ce système a été développé d'abord dans les *Eléments de Calcul vectoriel* publiés par les deux auteurs (traduction française de Lattès, Hermann, 1910), sous une forme minima, d'où l'on peut déduire ensuite le calcul des formes géométriques de Grasmann-Peano, et celui des quaternions d'Hamilton, utilisés en Mécanique et en Physique. Mais, en particulier, l'étude mécanique et physique des corps déformables et des actions électriques a conduit les auteurs à l'introduction des *homographies* et des *dérivées par rapport à un point*, dont le premier des deux volumes analysés ici donne un exposé définitif. Après une courte introduction sur les systèmes et opérateurs linéaires, MM. Burali-Forti et Marcolongo, dans un premier chapitre, définissent les homographies vectorielles et établissent les propriétés essentielles des opérateurs correspondants. Le chapitre II est consacré aux fonctions de points et à leurs dérivées, et comprend l'étude des opérateurs différentiels, et le chapitre III traite des intégrales et des équations différentielles avec de nombreuses applications. Le volume se termine par un appendice relatif aux symboles d'opérations, à l'indication des avantages du système employé sur les quaternions d'Hamilton, et à la traduction des homographies en coordonnées cartésiennes. De plus, trois notes de M. Pieri établissent un lien entre quelques propriétés des homographies et certaines propriétés projectives connues. La traduction française de ce volume est due à M. P. Baridon.

Ce premier volume met en évidence les avantages du système vectoriel de MM. Burali-Forti et Marcolongo, dont le calcul peut opérer directement sur les éléments géométriques ou physiques sans avoir jamais besoin de revenir à aucunes coordonnées, et est ainsi un véritable calcul intrinsèque. Cette supériorité se manifeste à plus forte raison dans le second volume, consacré aux *Applications mécaniques et physiques*. Ce volume est divisé en six chapitres : Mouvement d'un solide autour d'un point fixe; cinématique et statique des corps déformables; mouvements par ondes planes dans les milieux isotropes ou cristallins; hydrodynamique des fluides parfaits et des fluides visqueux; propagation de la chaleur dans les corps isotropes ou cristallisés; électrodynamique des corps en repos ou en mouvement. Dans l'étude du mouvement d'un solide, le corps lui-même peut être introduit dans le calcul, comme dans le cas particulier où il se réduit à un point; la théorie de l'élasticité est développée sans le secours des coordonnées; enfin l'étude de l'électro-dynamique, conduite jusqu'aux équations de Lorentz et au principe de relativité, est traitée très simplement, sans faire usage des vecteurs à quatre dimensions. Comme ils le font remarquer dans la préface de ce volume, MM. Burali-Forti et Marcolongo n'ont pas eu la prétention de présenter au lecteur ni un traité de Mécanique, ni un traité de Physique mathématique; ils ont simplement rassemblé en une centaine de pages une matière suffisante pour le familiariser avec les méthodes et lui permettre de juger de leur puissance, au double point de vue de l'exposition et de la recherche. Un appendice et des notes bibliographiques très complètes terminent l'ouvrage : ils facilitent la comparaison des notations et des méthodes de MM. Burali-Forti et Marcolongo avec les autres systèmes connus, et permettent d'en apprécier mieux les avantages.

M. Lelieuvre,

Professeur au Lycée et à l'Ecole des Sciences de Rouen.

2° Sciences physiques

Curchod (Ad.). — **Installations électriques de force et lumière. Schémas de connexions.** *3e édition. — 1 vol. in-8° de* VII-*222 p. avec 80 pl. (Prix : 7 fr. 50.) Dunod et Pinat, éditeurs, Paris,* 1914.

L'idée de réunir en un volume des schémas d'installations diverses est nouvelle en ce qui concerne les dynamos, alternateurs et tableaux de centrales; jusqu'ici, il n'existait de recueil de ce genre que pour les sonneries, téléphones, etc., et cela s'explique d'ailleurs bien.

Le montage des sonneries et téléphones est fait par des ouvriers plus ou moins exercés, auxquels il est souvent indispensable de montrer les combinaisons possibles. Il n'en est pas tout à fait de même pour les grandes installations, dont chaque détail doit être étudié soigneusement au bureau avant l'exécution, où les conditions à remplir varient considérablement d'un cas à l'autre et exigent des solutions différentes.

L'intérêt du livre de M. Curchod est donc plutôt de suggérer les solutions possibles en montrant les différents aspects de la question et, à ce titre, il aura de nombreuses applications; il pourra aussi rendre des services aux élèves ingénieurs, qui y trouveront réunies un grand nombre de dispositions dont la recherche dans les journaux spéciaux leur prendrait un temps précieux.

Il nous sera permis de faire une légère critique à la disposition du livre. Bien que l'auteur ait cherché à uniformiser beaucoup la représentation schématique des différents organes, il serait bon de joindre à chaque planche une légende, de manière à faciliter l'intelligence des schémas; il ne faut pas oublier, en effet, que ce livre est de ceux que l'on *consulte*, mais qu'on ne *lit pas*, et il faut que chaque page s'explique d'elle-même sans obliger à remonter plus haut pour trouver des éclaircissements. Nous sera-t-il permis également de regretter que le titre affirme une fois de plus l'incorrection du langage technique par l'emploi inapproprié du mot *force* pour *énergie?*

H. Armagnat.

3° Sciences naturelles

Artini (E.), *Directeur du Musée civique d'Histoire naturelle de Milan.* — **I Minerali.** — *1 vol. in-18 de 422 p. avec 132 fig. et 40 planches en chromolithographie. (Prix cart. : 9 fr. 50.) U. Hoepli, Milan,* 1914.

La littérature scientifique italienne manquait d'un manuel minéralogique original, pouvant servir à la fois

aux étudiants et aux collectionneurs. M. Artini a entrepris de le donner dans cet ouvrage.

Son but principal est la description des minéraux les plus importants qui peuvent se rencontrer dans la Nature, mais il ne dédaigne pas à l'occasion de parler de minéraux, même rares, qui présentent des particularités dignes d'être relevées, avec une préférence pour ceux qui se trouvent en Italie, spécialement dans les gisements les plus classiques. Pour cette description, l'auteur adopte la classification de Dana, avec quelques modifications légères.

Pour rendre service à ceux de ses lecteurs qui n'auraient pas une connaissance suffisante de la Cristallographie et de la Minéralogie générale, M. Artini a fait précéder cette partie spéciale de quelques chapitres sur les propriétés morphologiques, physiques et chimiques des minéraux et sur leurs gisements.

Cet ouvrage, illustré de nombreuses figures et de 40 planches en couleur très réussies, paraît parfaitement adapté au but qu'il se propose.

Louis Brunet.

Cabrera (Angel). — **Fauna iberica. Mamiferos.** — *1 vol. in-8° de 444 p. avec 22 pl. en couleurs et 143 fig. dans le texte. Junta para ampliacion de estudios, Moreto, 1, Madrid,* 1915.

Depuis que, sous l'influence de la doctrine de l'Evolution, la Zoologie est devenue expérimentale, il est un peu de mode de laisser de côté l'expérience de la Nature, qui vaut pourtant bien celle des hommes. Pour tout esprit non prévenu, il semble, cependant, que les deux expériences doivent marcher de concert, et que l'expérience du laboratoire doit être contrôlée par celle de la Nature libre, puisqu'en définitive c'est toujours elle qui opère dans l'un comme dans l'autre cas. Les ouvrages de Zoologie systématique et les Faunes ne sont pas toujours d'une lecture aussi fastidieuse que l'on semble le croire, et le présent volume en est un éclatant exemple.

En réalité, le livre de M. Cabrera et les œuvres du même genre sont une mine inépuisable de faits qui fourniraient des matériaux précieux aux partisans de la théorie transformiste, s'ils voulaient se donner la peine d'y jeter les yeux, ou — mieux encore — s'ils consentaient à venir examiner de près les spécimens, conservés dans les Musées, qui ont servi de base à ces travaux.

La Faune que M. Cabrera nous offre aujourd'hui n'est pas une simple compilation, mais le fruit des nombreux voyages que l'auteur, accompagné de sa vaillante femme, à laquelle ce livre est dédié, a effectués pendant douze ans dans toutes les régions de l'Espagne, dans ses îles et en Portugal, chassant et tendant des pièges pour se procurer les spécimens de Mammifères, réunis actuellement au Musée national des Sciences naturelles de Madrid, et qui sont décrits dans le présent ouvrage.

Ce qui fait surtout l'intérêt de cette faune, c'est qu'elle est presque isolée à l'extrémité sud-ouest du grand Continent Eurasiatique et possède plusieurs formes qui ne se retrouvent pas ailleurs en Europe, soit qu'on doive les considérer comme des émigrants de la faune africaine, soit qu'elles représentent un reste de l'ancienne faune paléarctique quaternaire, plus variée que la faune actuelle.

Cabrera décrit comme propres à la péninsule ibérique et ne se retrouvant pas en France — contrée la plus voisine de l'Espagne — 20 espèces de Mammifères (non compris les sous-espèces). Ce sont 4 Insectivores (*Erinaceus algirus, Talpa occidentalis, Crocidura cantabra, C. balearica*); 1 Chiroptère (*Rhinolophus mehelyi*); 3 Carnivores (*Mustela iberica, Mungos ichneumon, Lynx pardellus*); 1 Singe (*Macacus sylvanus*); enfin 12 Rongeurs (*Eliomys lusitanicus*, neuf Campagnols et deux *Lepus*). Plusieurs de ces espèces se retrouvent dans les îles de la Méditerranée, mais non dans le reste de l'Europe. Deux espèces, la Mangouste et la Genette, se rattachent manifestement à la faune africaine.

L'origine de ces deux espèces et de quelques autres peut donner matière à discussion.

Ainsi, on a pu supposer que le Hérisson d'Algérie (*Erinaceus algirus*) avait été introduit aux îles Baléares comme article de commerce, ces animaux servant à détruire les insectes dans les jardins. Mais, si l'on considère que ce Hérisson est répandu, à l'état libre, sur toute la côte méditerranéenne de la péninsule, et même de la France, il faudrait faire remonter cette importation à une époque très ancienne, ce qui semble peu vraisemblable. Connaissant les connexions continentales qui reliaient le nord de l'Afrique à l'Andalousie et aux Baléares à l'époque tertiaire, il n'y a nulle difficulté à considérer cette espèce comme autochtone.

Les mêmes considérations s'appliquent à la Mangouste et à la Genette, bien qu'une importation par les Arabes, dans un but utilitaire, soit, ici, beaucoup plus vraisemblable que pour le Hérisson. On sait que, dans toute l'Afrique, on entretient dans les habitations de ces petits Viverridés, que l'on préfère aux Chats, pour faire la chasse aux Souris et aux Serpents. A Constantinople, au moyen âge, on voyait encore des Genettes servant à cet usage. Dans tous les cas, il est à remarquer que, si des carnivores des genres *Herpestes* et *Genetta* ont été signalés dans le Miocène d'Europe, on n'en trouve plus ni dans le Pliocène ni dans le Quaternaire. L'arrivée de ces deux espèces doit donc être considérée comme relativement récente, et la manière dont la Genette s'est propagée dans les départements de l'ouest de la France (et jusqu'en Normandie) confirme cette opinion.

Le cas du Magot (*Macacus sylvanus*), seul Singe européen, actuellement vivant sur le rocher de Gibraltar, est très différent. Dans un précédent travail[1], le signataire de ces lignes a démontré d'une façon irréfutable que le genre Macaque n'était pas africain, et qu'au lieu de l'avoir reçu d'Afrique, c'était Gibraltar, ou si l'on veut l'Espagne, qui l'avait donné au Maroc, avant l'effondrement des colonnes d'Hercule. Que la petite colonie qui survit sur la langue de terre de Gibraltar ait été rajeunie plusieurs fois par des importations d'Afrique, cela ne change rien à la question, et je crains bien que M. Cabrera, en qualifiant mon opinion d'« hypothèse », ne cède à l'ancien préjugé d'après lequel tous les Singes seraient originaires des pays chauds.

Nous savons, au contraire, que l'on trouve des Macaques sur les montagnes neigeuses du Tibet, du nord de la Chine et jusqu'au Japon. Aux époques pliocène et quaternaire, il en existait dans toute l'Europe occidentale, où ils ont laissé leurs débris en Allemagne, en Angleterre, en France, en Italie, en Sardaigne, dans les Pyrénées et jusque dans les cavernes de Gibraltar, dans des couches incontestablement quaternaires. Ils ont pénétré en Afrique à l'époque où l'Andalousie était réunie au Maroc, avant le creusement du détroit qui a relié la Méditerranée à l'Atlantique; mais, fait à retenir, ils n'ont pas pénétré jusqu'en Tunisie, et ils n'existent nulle part en Afrique en dehors du Maroc et de l'Algérie. Il est donc bien évident que ce ne sont pas les Arabes qui ont introduit en Espagne ce Singe pillard, très nuisible aux jardins fruitiers. Il est plus probable qu'il a existé d'abord dans une bonne partie de l'Espagne, qu'on lui a fait très anciennement une guerre d'extermination et qu'il a trouvé un dernier refuge sur le promontoire élevé de 425 m., rocheux et stérile, de Gibraltar, où les habitants n'ont pas jugé utile d'aller le poursuivre.

L'histoire du Lapin espagnol (*Oryctolagus cuniculus*) est plus instructive encore. On sait que, dans l'antiquité, le Lapin n'existait qu'en Espagne, dans les îles Baléares, en Corse et en Sardaigne. C'est seulement dans le IIIe siècle de notre ère qu'il fut importé en Italie et dans le sud de la France, puis, plus tard, au XVIIe siècle, dans le nord de ce pays, en Allemagne et en Angleterre.

1. Trouessart : Faune des Mammifères de l'Algérie, du Maroc et de la Tunisie (*Causeries scientifiques de la Société Zoologique de France*, Xe, 1905, p. 359).

D'autre part, dans son beau livre sur la *Variation des animaux et des plantes*, Darwin a appelé l'attention sur le Lapin de l'île de Porto-Santo, que l'on sait descendre d'une unique femelle pleine, importée d'Espagne en 1418.

Comparant ce Lapin au Lapin actuel d'Angleterre, Darwin a trouvé dans la taille, les dimensions du crâne et les teintes du pelage, des différences considérables, de telle sorte que, depuis un demi-siècle, le Lapin de Porto-Santo est cité comme un exemple classique de mutation, produite en quatre siècles sur un animal transporté d'un continent dans une île de faible étendue.

Or, il apparaît aujourd'hui que la question doit être complètement retournée, c'est-à-dire que ce n'est pas le Lapin de Porto-Santo qui a diminué de taille en passant d'Europe dans cette île, mais bien le Lapin d'Espagne qui a pris des proportions plus robustes et changé de robe en passant de la région méditerranéenne au nord de l'Europe. En effet, une comparaison minutieuse, faite par M. Miller[1] et confirmée par M. Cabrera, prouve que le Lapin de Porto-Santo ne diffère en rien du Lapin sauvage du sud de l'Espagne, qui existe aussi dans le sud de la France, en Sardaigne, en Italie, au Maroc et en Algérie, et qui a été introduit à Madère, à Porto-Santo, aux îles Salvages et aux Açores.

L'étude de la petite Souris désignée sous le nom de *Mus spicilegus* n'est pas moins intéressante. Cette espèce, distincte de la Souris domestique (*Mus musculus*) par une taille plus faible, une queue constamment plus courte et son mode de coloration, est une forme restée sauvage, ne pénétrant jamais dans les habitations. Elle a été distinguée par Pétenyi, en 1882, sur des spécimens capturés en Hongrie (diffère-t-elle réellement du *Mus hortulanus* de Nordmann, 1840, qui aurait la priorité ?). Depuis cette époque, on l'a retrouvée dans une bonne partie de l'Europe et jusqu'en Suède. Elle est très répandue en Espagne et se trouve également dans le sud de la France (Pyrénées-Orientales, Gard et Var).

L'existence de cette espèce, si longtemps confondue avec la Souris domestique, est très importante à connaître pour les naturalistes qui font des expériences de croisement dans leurs laboratoires sur des Souris dont ils ignorent le plus souvent la provenance, et qu'ils considèrent comme appartenant toutes à une seule et même espèce.

Les Campagnols (genres *Microtus*, *Pitymys*, etc.) sont ici à la limite extrême de leur répartition géographique dans la région paléarctique, car on n'en trouve ni aux îles Baléares, ni au Maroc ou en Algérie. Par suite, on peut être surpris du nombre relativement considérable d'espèces (neuf, comme nous l'avons dit) qui sont propres à la péninsule ibérique. Deux causes peuvent expliquer cette particularité : d'abord la vie souterraine qui caractérise ces animaux et restreint leur répartition géographique, puis la constitution géologique de l'Espagne qui s'est formée par la jonction de plusieurs îles ou presqu'îles autrefois séparées. La même observation s'applique au genre *Talpa* qui compte deux espèces en Espagne.

La variété des sites et des climats, la multiplicité des chaînes de montagnes, expliquent la diversité que présente la faune ibérique d'une contrée à l'autre. Deux faits dominent la géographie physique de l'Espagne : d'abord l'existence de deux grands lacs tertiaires sur l'emplacement de la Vieille et de la Nouvelle-Castille, divisant le continent en deux régions, orientale et occidentale; puis la dépression de la Basse-Andalousie, vallée du Guadalquivir, par laquelle l'Atlantique communiquait avec la Méditerranée jusqu'à l'époque du soulèvement des Alpes. Au début du Pliocène, l'Andalousie faisait encore partie du Maroc, et c'est par ce large pont que l'Europe et l'Afrique ont pu échanger leurs faunes respectives, le Magot passant en Afrique, la Genette et la Mangouste passant en Europe.

C'est ce qui explique comment les principaux types de la faune ibérique ont tendance à se diviser en deux formes, qui sont, généralement, l'une d'origine nord-ouest, l'autre d'origine sud-est. Pour n'en citer que deux exemples, le Loup du Nord (*Canis lupus signatus*) est remplacé sur le versant de la Méditerranée par une race beaucoup plus petite (*Canis lupus deitanus*). De même le Cerf de l'Aragon, du Léon et du Portugal, est représenté sur la côte de Huelva, en Andalousie, par une sous-espèce (*Cervus elaphus hispanicus*), qui par sa taille plus faible rappelle le Cerf barbaresque; et, dit M. Cabrera, « la différence entre les deux formes est un bon exemple de l'influence de la localité, car au lieu de montagnes couvertes de forêts comme dans le Nord, nous n'avons plus ici que de grandes dunes de sable parsemées de quelques bois de pins et de chênes-liège ».

On voit, par ces quelques exemples, l'intérêt que le livre de M. Cabrera présente pour le naturaliste. — L'auteur admet les sous-espèces, comme la grande majorité des zoologistes modernes, mais il en supprime quelques-unes qui ne lui semblent pas nécessaires. Cette modération lui vaudra peut-être l'indulgence des zoologistes qui ont — l'on ne sait trop pourquoi — l'horreur de la nomenclature trinominale, dont ils n'ont jamais l'occasion de se servir, mais qui font reparaître les sous-espèces sous le nom d' « espèces naissantes », expression qui n'est qu'une explication assez vague, et par suite une dénomination inadmissible en Zoologie systématique.

Le livre de M. Cabrera est orné de planches coloriées très artistiques et de figures dans le texte, toutes de la main de l'auteur, qui en relèvent encore la valeur. Il serait à désirer que cette faune trouve des imitateurs, surtout dans l'Europe orientale, encore si mal connue au point de vue zoologique.

E. Trouessart,
Professeur au Muséum national d'Histoire naturelle.

1. Gerrit S. Miller : *Catalogue of the Mammals of Western Europe*. Londres, 1912, avec 213 fig. dans le texte, p. 491.

4° Sciences diverses

Jollivet (Gaston). — **Six mois de guerre** (1er août 1914 — 1er février 1915). — *1 vol. in-6° de 343 p. avec cartes*. (Prix : 3 fr. 50.) *Hachette et Cie, éditeurs, Paris*, 1915.

Cet ouvrage, outre des « Préliminaires » se rapportant aux documents diplomatiques et aux séances des Parlements qui ont précédé la déclaration de guerre, renferme trois parties :

1° Les faits de guerre, où l'on trouvera, jour par jour, le résumé des communiqués se rapportant au front occidental et au front oriental et à la guerre hors d'Europe;

2° Les faits diplomatiques et politiques saillants qui se sont passés en France, chez les Alliés, chez les ennemis et chez les neutres;

3° Les à-côté de la guerre, avec des indications sur ses moyens d'action, les soins donnés aux blessés, la situation des prisonniers, les actes d'héroïsme accomplis par nos chefs et nos soldats.

L'exécution de cartes qui permettent de suivre les mouvements des armées, la reproduction ou la citation de documents, de discours, d'articles de journaux et revues, donnent à ce tableau des six premiers mois de la guerre un intérêt exceptionnel.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 26 Juillet 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Bigourdan** : *La correspondance inédite de l'astronome J.-N. Delisle.* L'auteur signale l'intérêt, pour l'histoire des sciences au XVIII° siècle, de cette correspondance qui s'étend de 1709 à 1767 et qui est conservée au Dépôt de la Marine et à l'Observatoire de Paris. Elle comprend à la fois les lettres qu'il recevait et une copie de celles qu'il envoyait. Le nombre des correspondants s'élève à 580. M. Bigourdan a préparé de cette correspondance un Extrait contenant la mention et les dates de toutes les lettres, avec un sommaire de chacune d'elles.

2° Sciences physiques. — M. **C. Gutton** : *Sur une balance d'induction destinée à la recherche des obus enterrés dans les terrains à mettre en culture.* Les deux bobines de la balance sont fixées à deux bâtons verticaux attachés aux extrémités d'un bambou horizontal. Un aide porte celui-ci par le milieu et parcourt le champ à explorer en maintenant les bobines de la balance à quelques centimètres au-dessus du sol. L'observateur, muni du casque téléphonique, et portant en bandoulière une boîte qui contient la pile, le condensateur, le trembleur et l'appareil de réglage, suit à quelques mètres en arrière. Les éclats d'obus superficiels, les boîtes de conserve font percevoir un son aussi intense qu'un obus profondément enfoui, mais il est facile de distinguer entre ces deux cas. Dans le premier, on entend deux renforcements consécutifs du son, dans le second un seul renforcement. — M. **J. Maldiney** : *Sur l'action retardatrice du sucre dans le développement et la perméabilité de la gélatine au révélateur métol-hydroquinone, employé seul ou additionné de sucre.* L'auteur a constaté que l'addition de sucre à un révélateur produit des effets de retard dans la venue de l'image au développement, analogues à ceux du bromure de potassium. L'action retardatrice du sucre paraît due, au moins en grande partie, à une cause physique, la viscosité plus grande donnée au bain, rendant ainsi plus lente la pénétration de la solution dans l'émulsion.

Séance du 2 Août 1915

1° Sciences physiques. — M. **A. Leduc** : *Pression interne dans les gaz. Influence de la température.* L'auteur montre que les diverses formules de la pression interne dans les gaz en fonction de la température donnent des résultats très inexacts. Il a trouvé une formule nouvelle : $\omega/\pi = Aa^x$, où ω est la pression interne à T_0, π la pression critique en atmosphères, x l'inverse de la température réduite, et A et a des coefficients. Elle donne une représentation excellente des résultats expérimentaux. — M. **R. Chudeau** : *La température en Afrique occidentale et équatoriale.* L'auteur donne un tableau des températures mensuelles et annuelles moyennes de 16 stations de l'Afrique occidentale et équatoriale, d'après les observations qui y ont été faites pendant des périodes de 3 à 13 années. A côté de la latitude, dont l'influence est prédominante dans la distribution des températures, existent deux autres causes de perturbation : la situation littorale (par suite des afflux d'eau froide des grands fonds) et la grande forêt (il y a une augmentation de température pendant la vie active de la forêt).

2° Sciences naturelles. — M. **V. Galippe** : *Le parasitisme des graines ; son importance en Biologie générale.* L'auteur a reconnu que les graines normales, en proportion considérable, peuvent contenir un plus ou moins grand nombre de parasites. Ces parasites se rencontrent également sur les fleurs, dans les anthères et sur le pollen, ainsi que sur le stigmate, dans l'intérieur du style et dans l'ovaire. Ils peuvent avoir été apportés par le vent ou par les insectes. La présence de ces parasites est peut-être en relation avec les anomalies observées si fréquemment chez les végétaux et avec l'apparition des mutations brusques. — M. **V. Wallich** : *Suppression de la suppuration dans quelques plaies de guerre.* L'auteur a réussi à tarir rapidement la suppuration des plaies dans son service de blessés en supprimant toute cause d'irritation au niveau de la plaie et en réalisant une asepsie absolue du pansement. Pour cela, il a supprimé l'emploi des antiseptiques et employé un pansement de compresses salées, après lavage de la plaie à l'eau salée bouillie. — M. **H. Douvillé** : *Les Orbitoïdes de l'île de la Trinité.* L'auteur met en relief deux faits importants : 1° Il existe à la Trinité des couches éocènes (probablement auversiennes), caractérisées par des *Orthophragmina* et des *Nummulites* qui paraissent se rattacher spécifiquement aux formes européennes. 2° Les *Orthophragmina* ont continué à exister en Amérique avec les dernières *Nummulites*, après l'apparition des premières *Lépidocyclines*, pendant l'Oligocène ; elles sont représentées par des formes rayonnées appartenant au genre *Asterodiscus* Schafhaütl 1863 (*Asterocyclina* Gümbel 1868). — MM. **W. Kilian** et **A. Lanquine** : *Sur les complications tectoniques de la partie sud-est des Basses-Alpes (région de Castellane).* L'étude attentive des accidents, de direction générale W-E, qui se trouvent au sud et à l'est de Castellane, révèle, entre autres particularités, l'extension d'une grande nappe de terrains secondaires charriés, d'origine pyrénéo-provençale, ultérieurement remaniée, rompue et reprise par des poussées alpines plus ou moins accentuées qui ont déterminé des accidents généralement dirigés NW-SE. Plusieurs conséquences résultent de cette rencontre des deux systèmes de plissement : 1° la rupture de la nappe et sa segmentation en plusieurs séries d'anticlinaux jurassiques et de synclinaux crétacés ; 2° une disposition en gradins des divers segments échelonnés du S au N et disposés, en quelque sorte, en cascade ; 3° au voisinage de la partie frontale, en certains points, les segments de la nappe ont été chavirés sous l'influence des poussées alpines. — M. **L. Gentil** : *Les analogies du Haut-Atlas marocain et de l'Atlas saharien.* L'auteur a observé des analogies stratigraphiques saisissantes entre les terrains crétacés du Haut-Atlas occidental et ceux de la zone sillonnée, entre le Maroc et la Syrte, par les rides de l'Atlas saharien. Le Haut-Atlas marocain et l'Atlas saharien sont édifiés sur des zones isopiques de la période crétacée, remarquables par leur grande extension à la bordure septentrionale du grand plateau saharien.

Séance du 9 Août 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **J. Comas Sola** : *La photographie stéréoscopique dans l'étude des mouvements propres des étoiles.* En plaçant dans le stéréoscope deux images correspondantes des régions environnantes de l'amas M11, de l'Aigle et Antinoüs, faites l'une le 12 juillet 1912 et l'autre le 20 juillet 1915, on y aperçoit tout de suite un grand nombre d'étoiles en mouvement propre sensible. On y voit aisément des groupements et alignements d'étoiles et d'étoiles doubles qui présentent un mouvement propre commun, en relation avec l'ensemble général des étoiles faibles de cette région de la Voie lactée. La plupart des mouvements les plus rapides appartiennent aux étoiles les plus brillantes et leurs trajectoires forment un angle considérable avec la ligne moyenne de la Voie lactée.

2° Sciences physiques. — M. **H. Hubert** : *Les climats de l'Afrique occidentale.* L'auteur propose de donner le nom de *subcanarien* au climat de la côte du Sénégal, qui n'a presque pas de traits communs avec celui des régions tropicales voisines, et présente, au contraire, des affinités avec celui des Canaries; il est dominé par l'action de l'alizé, qui souffle pendant 8 à 9 mois de l'année. Le climat *mauritanien* est plus franchement tropical, mais sans pluies abondantes. Les climats *sahélien* (au nord du 14e parallèle), *soudanien* (entre les 9e et 14e parallèles) et *libéro-dahoméen* (entre le Libéria et le Dahomey, au sud du 9e parallèle) sont les trois types normaux de climats tropicaux de l'Afrique occidentale. Enfin, le climat *foutanien* (de Fouta-Djalon) est intermédiaire entre les climats soudanien et libéro-dahoméen, avec cette particularité que l'altitude en fait une région absolument indépendante. — M. **J. Vallot** : *Sur la correction de l'erreur introduite par la cuve dans la détermination du pouvoir diathermane des liquides.* Dans la détermination du pouvoir diathermane des liquides, la nécessité d'avoir recours à une cuve pour contenir le liquide oblige à faire subir au résultat une correction relative à l'absorption propre de la cuve; pour cela, on fait une mesure sur la cuve vide. Mais les résultats obtenus sont inexacts, pour cette raison que l'introduction du liquide modifie les réflexions sur les faces de la cuve. Pour remédier à cet inconvénient, l'auteur verse sur une des plaques de la cuve démontable quelques gouttes de liquide que l'on comprime avec l'autre plaque. Le système forme alors une cuve capillaire, dans laquelle le liquide, lorsqu'il est incolore, est tropmince pour avoir une absorption sensible, tandis qu'il est suffisant pour produire les réflexions. Les résultats des nouvelles mesures donnent pour les pouvoirs diathermanes des liquides des chiffres tous normaux, tandis que l'ancienne méthode donnait souvent des valeurs anormales (supérieures à 100). — M. **F. Bodroux** : *Méthode de préparation des carbures de formule* $(C^6H^5)^2CHR$, *où R est un noyau aromatique.* L'auteur a constaté qu'une solution éthérée de bromodiphénylméthane $C^6H^5.CHBr.C^6H^5$, tombant goutte à goutte dans une solution éthérée d'un bromure d'arylmagnésium, réagit énergiquement avec ce dernier pour donner un carbure de formule $C^6H^5.CHR.C^6H^5$, où R peut être C^6H^5, $CH^3C^6H^4$, $C^{10}H^7$, etc. — M. **E. Léger** : *Sur le dédoublement de la nataloïne β et de l'homonataloïne β.* L'auteur a constaté que la nataloïne β est un composé racémique, susceptible d'être dédoublé par recristallisations en nataloïne gauche, $[\alpha]_D = -145°$, identique avec la nataloïne naturelle, et en un composé dextrogyre, $[\alpha]_D = -63°$, formé par une combinaison de 5 mol. de nataloïne droite avec 2 mol. de nataloïne gauche. Les mêmes conclusions s'appliquent à l'homonataloïne β. — M. **I. Pouget** : *Emploi de l'aluminium comme antitartre dans les chaudières à vapeur.* La présence d'Al métallique dans une chaudière s'oppose à la formation d'un dépôt de tartre; Al en poudre a une action plus grande qu'Al en grenaille. Une simple peinture à l'aluminium à l'intérieur des chaudières donne encore de meilleurs résultats; cette peinture s'obtient en délayant de la poudre d'Al dans de l'essence de térébenthine additionnée de résine. — M. **F. Garrigou** : *Les eaux chloroiodées, bromurées, sulfurées et métallifères de Beaucens (Hautes-Pyrénées).* L'auteur a constaté dans ces eaux et dans les roches d'où jaillit la source la présence des métaux : Pb, Zn, Sb, As, Sn, Cu. Ces eaux sont douées de propriétés cicatrisantes pour les blessures de guerre.

3° Sciences naturelles. — M. **Marage** : *Contribution à l'étude des hypoacousies consécutives à des blessures de guerre.* La guerre actuelle nous met en présence de lésions, sinon nouvelles, du moins très rares, des centres auditifs. Ces lésions sont dues, ou à des chocs directs sur la boîte cranienne, ou à un brusque déplacement d'air. Elles sont, ou visibles si elles portent sur l'oreille moyenne, ou cachées si elles portent sur les centres nerveux, et dans ce dernier cas les courbes de l'acuité auditive sont de même forme que celles de la surdi-mutité, ce qui permet d'établir une cause probable de cette dernière affection. — Mme **A. Laborde** : *Action du radium sur les cicatrices vicieuses résultant des blessures de guerre.* L'auteur a étudié l'action du radium sur du tissu cicatriciel dans les cas où celui-ci semble être la cause *unique* d'une impotence fonctionnelle : brides fibreuses limitant certains mouvements, adhérences avec les tendons ou avec les nerfs, créant dans ce dernier cas des névrites plus ou moins graves. Le rayonnement du radium a exercé, dans les cas observés, une influence élective de régression sur ces tissus cicatriciels, tout en respectant les tissus nerveux. — M. **R. Anthony** : *Sur un cerveau de fœtus de gorille.* Cette pièce rarissime se distingue à première vue d'un cerveau de fœtus humain d'âge comparable par une élévation moins considérable, une forme plus globuleuse dans l'ensemble, une région frontale moins fuyante, un abaissement notablement moindre du plan orbitaire inférieur, cette dernière disposition traduisant une flexion télencéphalique moins accusée. Le profil en *norma lateralis* rappelle de très près celui des moulages endocraniens des hommes quaternaires de la Chapelle-aux-Saints et de la Quina. — M. **Edm. Bordage** : *Phénomènes histolytiques observés pendant la régénération des appendices chez certains Orthoptères.* L'auteur, en étudiant les phénomènes de la régénération chez les Orthoptères pentamères, a constaté que la phagocytose ne joue qu'un rôle assez effacé dans la destruction des vieux muscles. La dégénérescence graisseuse remplit, par contre, un rôle très important. Il s'agit, il est vrai, d'un mode tout particulier, donnant naissance à des nappes et à des cordons adipeux ressemblant à s'y méprendre à ceux du tissu graisseux normal. La transformation du tissu musculaire en tissu graisseux est vraisemblablement opérée par une enzyme. — M. **H. D. Dakin** : *Sur certaines substances chlorées antiseptiques propres au traitement des plaies.* L'auteur a trouvé qu'une solution d'hypochlorite de soude à 1/500,000e, en présence d'acide borique, tue les staphylocoques en 2 heures, tandis qu'en présence de sérum sanguin la concentration doit atteindre 1/1.000e à 1/2.500e. Cette solution est un antiseptique très utile dans le traitement des plaies infectées. L'auteur recommande également comme désinfectants actifs et non irritants les sels de sodium du benzène et du *p*-toluène-sulfochloramide.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 20 *Juillet* 1915 (*fin*)

M. **A. Rodiet** : *L'assistance aux « sans famille » invalides de la guerre.* L'auteur propose de réunir dans plusieurs petites villes ou villages d'une région à déterminer, et de confier à des familles du pays, les « sans famille » invalides de la guerre. En même temps, ils suivraient les cours d'une école professionnelle où ils apprendraient à se servir de leurs membres encore valides. Enfin, dans le pays choisi, il faudrait créer ou développer une industrie destinée à utiliser les connaissances acquises par les ouvriers infirmes. Une industrie tout indiquée serait la fabrication des appareils de prothèse par les amputés eux-mêmes.

Séance du 27 *Juillet* 1915

L'Académie, après discussion, adopte sous la forme suivante les vœux qui terminaient le rapport de M. Grimbert (voir p. 490) : 1° Que la loi de 1857 sur les marques de fabrique soit modifiée de manière à ce qu'aucune dénomination simple donnée à un produit chimique médicamenteux défini ne puisse devenir une propriété privative au profit de son auteur; 2° Que, pour sauvegarder les intérêts légitimes de l'inventeur, la loi de 1844 sur les brevets d'invention soit modifiée de manière à permettre que le procédé de fabrication d'un produit chimique défini puisse être bréveté, même quand ce produit est de nature médicamenteuse.

Séance du 3 Août 1915

M. **E. Maurel** : *De l'introduction réglementaire du vin dans la ration du soldat.* L'auteur est favorable à cette introduction, le vin en proportion modérée exerçant une action tonique et constituant un aliment musculaire et calorigène précieux qui a l'avantage, grâce à sa facile absorption, de pouvoir être utilisé par l'organisme très rapidement après son ingestion. Il faut toutefois : *a*) ne pas dépasser 1 gr. par jour et par kilogramme de poids; *b*) prendre cet alcool en solution au moins de 10 °/₀; *c*) prendre cette quantité en plusieurs fois; *d*) le prendre surtout pendant le repas et non l'estomac étant vide; *e*) si on le prend pendant l'intervalle des repas, le mettre en solution au maximum de 5 °/₀.

Séance du 10 Août 1915

M. **Gilbert Ballet** présente le rapport de la Commission de l'alcoolisme sur le vœu présenté par M. Vidal, visant l'introduction du vin et des boissons hygiéniques dans la ration normale du soldat. Il conclut à l'adoption du vœu « que le vin naturel soit introduit en quantité modérée dans la ration réglementaire du soldat ». — M. **F. Widal** : *Etude sur les vaccinations mixtes antityphoïdiques et antiparatyphoïdiques.* La vaccination antityphoïdique simple, telle qu'elle est aujourd'hui pratiquée, vise la plus fréquente et la plus redoutable des infections typhoïdes. Sa seule action a suffi à modifier profondément la morbidité et la mortalité typhiques. Mais, malgré son application, les services où l'on reçoit des contagieux venant des armées restent encore encombrés à certains moments par des typhoïdiques dont la maladie relève spécialement des bacilles paratyphiques et surtout du paratyphique B. Ces paratyphoïdes enlèvent au front beaucoup d'unités et, si elles ne sont pas aussi mortelles que la typhoïde due au bacille d'Eberth, elles tuent encore trop souvent, lorsqu'elles frappent des organismes surmenés comme ceux de nos soldats. Contre elles, la meilleure protection consiste dans la vaccination triple, au moyen d'un vaccin contenant des anticorps à la fois contre le bacille typhique et les paratyphiques A et B. La vaccination antiparatyphoïdique double (contre les paratyphiques A et B) doit être considérée comme un moyen de fortune réservé, quand les circonstances le permettent, aux sujets déjà très nombreux qui ont été vaccinés contre la typhoïde. L'auteur a vérifié expérimentalement l'action puissamment immunigène de son vaccin mixte stérilisé par la chaleur; les recherches faites sur les animaux, aussi bien que l'application déjà faite à l'homme, montrent qu'il ne présente pas plus d'inconvénients que le vaccin simple. — M. le **Dr Petrovitch** : *Sur les bons effets de la bactériothérapie spécifique dans le choléra au cours de la campagne de Serbie.* Au cours de l'épidémie de choléra qui s'est déclarée dans l'armée serbe en août 1914, l'auteur a institué le traitement bactériothérapique; il a utilisé le vaccin anticholérique de Wright concurremment avec celui de l'Institut Pasteur. Les cas traités ont été divisés en trois groupes, suivant l'intensité relative des symptômes : légers, de moyenne intensité, graves. Tous les malades du premier groupe ont guéri; il en a été de même de ceux du second groupe, alors que 95 malades du même degré, traités par les moyens non spécifiques, ont fourni 9 décès, soit une mortalité de 9,4 °/₀. Dans le troisième groupe, la mortalité après traitement spécifique a été de 14,4 °/₀, alors que dans un même groupe, soumis à un traitement non spécifique, elle était de 58 °/₀.

Séance du 17 Août 1915

M. **H. Vincent** : *Vaccins antiparatyphiques et vaccins mixtes.* A propos de la communication de M. Widal, l'auteur fait remarquer que le Laboratoire du Val-de-Grâce fabrique couramment les trois vaccins : antityphique, antiparatyphique A, antiparatyphique B, préparés suivant sa méthode, et qui sont délivrés soit individuellement, soit mélangés. L'inconvénient du vaccin mixte, c'est qu'il accroît les réactions locales et les réactions fébriles. Aussi l'auteur est-il plutôt partisan de la méthode des vaccinations successives par les divers vaccins isolés.

Séance du 24 Août 1915

L'Académie discute le Rapport de la Commission de l'alcoolisme sur l'introduction du vin dans la ration normale du soldat. Finalement le vœu suivant est adopté : « Que le vin naturel soit introduit en quantité modérée, aux mêmes doses que dans la Marine, dans la ration réglementaire du soldat, et que des précautions soient prises pour que, là où l'Administration en fournira aux militaires, ceux-ci ne puissent en consommer ailleurs ». — M. **E. Maurin** : *Nouvelles recherches sur la valeur nutritive de l'osséine* (voir p. 353). L'auteur s'est soumis à une expérience personnelle d'alimentation avec l'osséine, en régime lacté absolu. Les analyses montrent une augmentation de l'ammoniaque et surtout de l'urée dans l'urine du fait de l'ingestion d'osséine; ces éléments étant la forme sous laquelle s'éliminent les produits de désintégration des matières albuminoïdes ingérées, leur augmentation dans l'urine du fait de l'ingestion d'osséine démontre bien l'assimilation de cette substance.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 24 Juillet 1915

M. **M. Athias** : *L'activité sécrétoire de la glande mammaire hyperplasiée, chez le cobaye mâle châtré, consécutivement à la greffe de l'ovaire.* Des cobayes mâles jeunes ont été totalement privés de testicules, puis ont reçu, dans l'épaisseur de la paroi abdominale, la greffe d'un ou deux ovaires de cobaye femelle. Chez ces animaux, les mamelles se développent plus ou moins rapidement, et chez quelques-uns les glandes mammaires ont sécrété du lait. Ces expériences confirment l'opinion que le développement de la glande mammaire se trouve sous la dépendance d'une hormone élaborée par l'ovaire. — MM. **A. Distaso** et **J. Schiller** : *Les bases expérimentales de la thérapie par les hydrates de carbone dans les maladies intestinales.* Les auteurs ont reconnu que le concombre et le melon agissent comme des poisons très énergiques pour le rat blanc en développant une maladie intestinale mortelle. L'amidon cru, mélangé au concombre, empêche la mort de l'animal. Les auteurs supposent que le grain d'amidon, étant indigestible, reste dans le tube intestinal et absorbe les poisons libérés du concombre en les neutralisant. L'amidon chauffé n'a plus d'action préventive. Cette action absorbante et neutralisante pourrait être applicable à des maladies infectieuses comme le choléra et la dysenterie bacillaire, où il y a intoxication. — M. **Ed. Retterer** : *Des pigments cutanés des Mammifères.* Les cellules épithéliales et conjonctives sont capables d'élaborer du pigment aussi bien dans leur corps cellulaire que dans leur noyau; les granules pigmentaires sont jaune foncé ou noirs. Les variétés de coloration que présentent les téguments des Mammifères ne tiennent pas d'ordinaire à des pigments spéciaux; elles sont dues à l'abondance plus ou moins grande de granules noirs et surtout à la répartition et à la situation différentes de ces derniers. De cette distribution variable du pigment dans les couches cutanées résulte une absorption différente des rayons lumineux et, par suite, une impression tout autre sur notre rétine. — M. **E. Zunz** et Mlle **Diakonoff** : *Des effets de l'injection intraveineuse de triglycine chez le lapin.* Il est possible d'anaphylactiser le lapin par des injection sous-cutanées de triglycine; ce peptide parvient, en outre, à provoquer les symptômes du choc anaphylactique chez les animaux ainsi préparés. Il existe donc une différence essentielle entre le glycocolle et le peptide formé par l'union de trois molécules de cet acide aminé; le glycocolle n'agit que comme sensibilisateur, alors que la triglycine est à la fois sensibilisatrice et

déchaînante. — MM. **E. Zunz** et **M. Gélat** : *Des effets de l'injection intraveineuse de sérum traité par l'agar chez les lapins neufs.* Les auteurs ont constaté que du sérum frais de cheval, maintenu 2 h. à 38° en présence du cinquième de son volume de suspension à 0, 5 °/₀ d'agar dans de la solution physiologique, puis débarrassé par filtration et centrifugation de cet agar, produit le tableau du choc anaphylactique chez un lapin neuf. — M. **M. Ducosté** : *Les contractures dans les lésions nerveuses périphériques.* Les contractures immédiates obéissent à la loi de la contracture d'amont, qui peut se formuler ainsi : La lésion d'un nerf en aval des muscles qu'il actionne se traduit par la contracture immédiate et durable de ces muscles. Les contractures tardives sont dues à l'action du névrome constitué au niveau du nerf traumatisé ; la loi de la contracture névromateuse peut se formuler ainsi : Le névrome excite et contracture les muscles dont l'innervation provient des mêmes racines que le nerf sur lequel il se développe ; secondairement les autres groupes musculaires, d'autant plus fortement que leurs racines sont plus rapprochées des précédentes ; il provoque l'hyperréflectivité tendineuse et l'hyporéflectivité cutanée. — MM. **H. Chabanier** et **E. Ibarra-Loring** : *Dosages comparatifs de l'urée par le procédé au xanthydrol de Fosse et le procédé à l'hypobromite.* D'une manière générale, la méthode de Fosse au xanthydrol donne des chiffres qui, par rapport à ceux fournis par la méthode à l'hypobromite, sont plus faibles pour l'urine, plus forts pour le sérum ; dans la plupart des cas, la différence relative est inférieure à 5-6 °/₀. *Comparaison des sécrétions rénales de l'urée et de l'iode. Constante iodo-sécrétoire.* On sait qu'il existe pour l'urée un rapport constant entre l'urée du sang et l'urée de l'urine (constante uréo-sécrétoire). Les auteurs ont reconnu qu'il existe également une constante iodo-sécrétoire, dont la forme est identique à celle de l'urée.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 25 Juin 1915

Sir **J. J. Thomson** : *La conduction de l'électricité à travers les métaux.* K. Onnes a constaté qu'à la température de l'hélium liquide quelques métaux peuvent exister à un état où leur résistance spécifique est moindre qu'un cent-millionième de celle à 0°C. Cette découverte paraît nécessiter l'abandon de la théorie ordinaire de la conduction métallique, car les conditions expérimentales écartent l'explication du phénomène par une augmentation anormale soit du nombre, soit du trajet libre moyen des électrons libres. Par contre, les effets observés par K. Onnes peuvent s'expliquer par une théorie de la conduction métallique donnée antérieurement par l'auteur dans son livre « The corpuscular theory of matter ». Suivant cette théorie, les atomes de quelques substances contiennent des doublets électriques, c'est-à-dire des paires de charges électriques égales et opposées à une petite distance. L'effet de l'application d'une f. é. m. est de modifier la distribution hétérogène des axes de ces doublets en les amenant en alignement partiel avec le champ. L'auteur considère les influences qui préviennent l'alignement complet et il montre que, si M est le moment d'un doublet, N le nombre par unité de volume, w l'énergie cinétique moyenne des molécules (égale à $R\theta$, excepté aux températures très basses) et I la résultante des moments moléculaires dans la direction de X, force électrique agissant sur les doublets, on a :

$$(1) \qquad I = NMf(XM/w) = NMf(x),$$

où $f(x) = 0$ quand $x = 0$, et $f(x) = \infty$ quand x est infini. X est composé du champ électrique appliqué X_0 et d'un champ interne dû aux doublets polarisés, ce dernier étant supposé proportionnel à I. Donc $X = X_0 + kI$ et $x = M(X_0 + kI)/w$, ou

$$(2) \qquad I = wx/Mk - X_0/k.$$

Pour toute valeur de X_0, on trouvera la valeur de I par l'intersection de la ligne droite (2) avec la courbe (1). Les effets dus à une valeur quelconque de I seront les mêmes que si I doublets par unité de volume étaient pointés dans la direction du champ, les axes des autres étant uniformément distribués dans toutes les directions ; la substance peut être alors représentée comme contenant un certain nombre de chaînes d'atomes polarisés dont les doublets pointent tous dans la direction du champ. Les électrons dans les atomes seront soumis à l'action de forces dues aux atomes polarisés voisins, et la théorie suppose que, dans les conducteurs, les électrons sont aisément retirés par ces forces des atomes auxquels ils sont attachés, et passent, sous leur influence, d'un atome à l'autre autour de la chaîne polarisée. Si p électrons passent par seconde le long de chaque chaîne, et s'il y a n chaînes par cm² perpendiculaires au champ, la densité de courant i est égale à epn, où e est la charge électronique. On montre que p est indépendant de X_0, et ainsi le rapport de i à X_0 suivra les mêmes lois que celui de I à X_0. Si w/Mk est grand, ce qui arrive aux températures ordinaires, l'inclinaison de la droite (2) sera prononcée et elle coupera (1) près de l'origine où celle-ci se rapproche d'une ligne droite. Dans ces circonstances, la loi de Ohm se vérifie. Quand la température s'abaisse, l'inclinaison de (2) diminue, et elle peut finalement devenir moindre que celle de la tangente à l'origine de (1). Dans ce cas, si l'on part d'un champ extérieur produisant une polarisation I et si l'on réduit graduellement le champ jusqu'à 0, le point d'intersection de (1) et de (2) se meut le long de la première, mais donne toujours une valeur finie de I quand (1) passe par l'origine — c'est-à-dire quand $X_0 = 0$, — et un courant continue à passer en l'absence de toute f. é. m. appliquée, comme K. Onnes l'a observé dans une de ses expériences. Dans cette hypothèse, donc, la fonction du champ appliqué est de produire l'alignement des doublets ; le transfert actuel de l'électricité est effectué par les grandes forces intra-atomiques mises en jeu par la polarisation des doublets. Par conséquent, si la polarisation persiste après l'enlèvement de la f. é. m. appliquée, le courant persistera aussi. En plus des effets perturbateurs exercés sur les chaînes par l'énergie thermique, il peut exister une action directrice mutuelle entre différents atomes, telle que celle qui donne naissance à la cristallisation. L'auteur montre que si ce facteur est important, le métal ne peut devenir un supra-conducteur. — M. **G. O. Squier** : *Sur un courant alternatif non interrompu pour la télégraphie par câble.* L'auteur considère un câble océanique comme une ligne de force ; partant de la forme type de circuit qui serait utilisée pour commander un moteur électrique par l'intermédiaire d'un câble océanique, il détermine, par l'expérience, les variations minima dans ce circuit pour que le courant alternatif reçu soit interprété sous forme de points, de lignes et d'espaces de l'alphabet actuel. Le courant alternatif ininterrompu employé à la transmission est lancé synchroniquement par le transmetteur ordinaire, de façon à modifier l'impédance du circuit transmetteur aux instants où le courant est naturellement nul. Les points, traits et espaces sont envoyés chacun par des demi-ondes de l'un ou l'autre signe, mais d'amplitudes différentes. Le courant alternatif reçu peut être lu directement au moyen d'un enregistreur à siphon, ou ce courant peut être employé à commander un imprimeur Morse à siphon par le moyen d'une adaptation du relais à fil d'or de Muirhead, ou d'un amplificateur Heurtley et d'un relais à fil local. L'auteur a déterminé la tension en volts le long d'un câble atlantique quand on emploie un alternateur et il calcule l'impédance de transmission d'un tel câble quand la fréquence varie. Il a construit une forme spéciale de dynamo pour câble permettant de travailler aux fréquences de 4 à 10.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 19 15 OCTOBRE 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Physique du globe

Les propriétés mécaniques de la Terre. — Dans un récent mémoire, M. Harold Jeffreys[1] a essayé de tracer l'état actuel des problèmes qui se rattachent à cette question des propriétés mécaniques de notre globe; nos lecteurs nous sauront sans doute gré de reproduire ici cet exposé.

Les qualités mécaniques d'une substance peuvent être groupées sous quatre titres : densité, compressibilité, rigidité et conditions d'assemblage permanent.

Nos connaissances les plus anciennes sur la densité moyenne de la Terre datent de Newton, qui l'estimait à environ 5 fois celle de l'eau, en considérant que la plupart des roches superficielles ont une densité variant entre 2 et 3 et que, selon toute probabilité, plus on se rapproche du centre, plus grande est la proportion des constituants lourds. On n'a rien formulé de plus exact jusqu'en 1774, époque où Maskelyne mesura la différence entre les directions d'un fil à plomb des deux côtés du Mont Schiehallion, dans le Pertshire. Une partie de cette différence était due à la courbure de la Terre, le reste causé par l'attraction gravitationnelle de la montagne même. Le rapport de la masse de la Terre à la masse de la montagne pouvait en être déduit, et, la masse du Schiehallion étant connue, on pouvait calculer la masse, donc la densité de la Terre. L'estimation de la masse d'une montagne est, toutefois, sujette à une grande incertitude, et la valeur de Maskelyne pour la densité moyenne de la Terre (4,71) n'est donc pas digne de confiance. Une méthode analogue, employée à Arthur's Seat en 1832, a donné 5,32. D'autres déterminations ont été tentées par comparaison des valeurs de la pesanteur au sommet et à la base d'une montagne ou d'une mine de charbon. Mais la méthode la plus exacte repose sur l'emploi de la balance de torsion, employée d'abord par Cavendish en 1798. Son principe est, en gros, le même que celui de la méthode de Maskelyne, mais au lieu de la montagne on emploie deux grosses boules de plomb, dont l'attraction sur deux balles plus petites est mesurée au moyen de la torsion d'un fil ou d'une fibre fins étalonnés au lieu de la déviation d'un fil à plomb. Cette méthode est exempte des plus sérieux défauts de l'autre, et elle a été utilisée dans la plupart des meilleures déterminations. Wilsing, en 1886, a employé avec succès un pendule astatique au lieu de la balance de torsion. La plupart des valeurs obtenues pour la densité moyenne de la Terre sont comprises entre 5,5 et 5,75.

Le problème de la distribution de la densité ne peut être résolu à moins d'adopter une hypothèse. Cette hypothèse nous est suggérée par la distribution des continents et des océans à la surface de la Terre. La résultante de la pesanteur et de la force centrifuge en chaque point de la surface libre de l'Océan est toujours perpendiculaire à cette surface, dont la forme est donc complètement déterminée par ces forces. Si donc la surface de la Terre solide était plus elliptique que celle d'une masse liquide de mêmes diamètre et densité, il y aurait une prépondérance de continents vers l'équateur, tandis que si elle était moins elliptique il y aurait deux grands continents polaires et une zone équatoriale d'eau. Comme on n'observe aucun de ces phénomènes, la Terre solide a donc à peu près la même forme que si ses couches superficielles étaient liquides et que si elle tournait avec la vitesse angulaire actuelle. Si l'on fait maintenant l'hypothèse que la Terre *entière* est plastique, ou encore qu'elle s'est solidifiée au moment où sa vitesse de rotation ne différait pas beaucoup de sa valeur actuelle, l'ellipticité de chaque surface de densité égale à son intérieur doit être la même que dans un sphéroïde liquide, avec la même distribution de densité suivant la profondeur. L'ellipticité est donc complètement déterminée par la longueur du jour et la distribution de la densité. On obtient en même temps deux équations en égalant les valeurs actuelles de la constante précessionnelle et de l'ellipticité de la surface extérieure aux valeurs calculées suivant cette hypothèse. Des lois de la densité qui satisfont à ces équations ont été formulées par Laplace, Roche et Wiechert. Celles des deux premiers correspondent à des distributions continues, la densité au centre étant d'environ 10 à 12, tandis que

1. *The Observatory*, t. XXXVIII, n° 491, p. 347; sept.

d'après Wiechert la Terre consiste en une enveloppe rocheuse homogène de densité 3,2, entourant un noyau métallique de densité 8,2 et de rayon égal à 0,78 de celui de la surface extérieure.

Les données utilisables sur la compressibilité et la rigidité de la Terre se divisent en quatre classes, suivant qu'elles proviennent : 1° de la période de variation de la latitude ; 2° des hauteurs observées des marées océaniques; 3° de la déviation lunaire de la pesanteur; 4° des vitesses des ondes sismiques.

Le fait que les ondes longitudinales des tremblements de terre se propagent avec une vitesse finie montre que la croûte terrestre doit être compressible. Il est possible, toutefois, que, par suite de l'énorme pression qu'il supporte, l'intérieur de la Terre soit presque incompressible et d'une très grande rigidité. On a déjà fait un grand emploi des ondes sismiques pour déterminer la variation de la rigidité avec la profondeur, mais l'analyse est compliquée, et la méthode ne paraît pas avoir été encore utilisée avec tout le succès dont elle est capable.

Les trois autres classes de données souffrent d'un grave défaut en comparaison avec la méthode sismique. Chacune donne seulement un résultat numérique, basé dans chaque cas sur une comparaison de la façon dont se comportent la Terre actuelle et une Terre idéale parfaitement rigide. Par conséquent, chacune ne peut donner qu'une équation pour déterminer les rigidités et compressibilités des différentes parties de la Terre. En outre, la deuxième et la troisième méthodes conduisent à la même équation. Ce fait oblige à réduire à deux le nombre des quantités inconnues à déterminer, pour faire quelque progrès. Enfin, les résultats des seconde et troisième méthodes sont affectés d'une quantité inconnue par l'attraction et la charge des marées océaniques, qui sont fortement compliquées par la forme irrégulière des continents.

Si l'on adopte définitivement l'hypothèse de Wiechert sur la distribution de la densité, et si l'on traite la Terre entière comme incompressible, la variation de la latitude et la hauteur de la marée semi-mensuelle suffisent ensemble à déterminer la rigidité du noyau et de la croûte. Schweydar a trouvé ainsi pour ces quantités les valeurs respectives $20,2 \times 10^{11}$ et $0,9 \times 10^{11}$ unités C. G. S. Ce dernier nombre est incompatible avec la vitesse observée des ondes sismiques à la surface, qui requiert une rigidité de la croûte égale à $3,47 \times 10^{11}$ unités C. G. S., soit presque celle du zinc Si, au lieu de choisir ces données, on utilise la variation de la latitude et la vitesse des ondes sismiques, on trouve pour la rigidité du noyau environ 17×10^{11} unités C. G. S., soit deux fois celle de l'acier. L'effet de la compressibilité sur la variation de la latitude est faible dans une sphère homogène, de sorte qu'on peut le négliger ici sans introduire d'erreur sérieuse. Schweydar a suggéré que sa faible valeur de la rigidité de la croûte peut être due à une couche de substance tendre à une petite profondeur. On a suggéré, d'autre part, que l'écart peut être attribuable en partie à la compressibilité, en partie à l'effet perturbateur des marées océaniques. On sait que l'effet de la compressibilité sur la hauteur des marées est considérable. La forte rigidité du noyau est probablement le résultat de la grande pression qu'il subit. L'effet de la pression est donc plus que suffisant pour contrebalancer celui de la haute température qui doit exister au-dessous de la surface de la Terre. On n'a jamais, à ce point de vue, obtenu aucune preuve à l'appui de l'hypothèse que l'intérieur de la Terre serait liquide ou gazeux.

Les questions de plasticité, de viscosité et d'assemblage permanent sont intimement liées. L'effet ultime de chacun de ces facteurs serait d'amener chaque couche d'égale densité à l'intérieur de la Terre à devenir une couche en équilibre hydrostatique. Cela est vrai pour la surface extérieure, tout au moins en ce qui concerne l'ellipticité; et comme il n'est pas probable que la vitesse de rotation de la Terre, lorsqu'elle s'est solidifiée, était aussi faible que maintenant, il semble qu'un assemblage permanent se soit produit — bien que le temps nécessaire ait été des millions d'années. Le noyau est probablement plus plastique que la croûte, à cause de sa rigidité; aussi, bien que les tensions de la croûte dues aux montagnes soient capables de se prolonger pendant une période géologique, nous ne sommes pas fondés à regarder les matériaux situés aux grandes profondeurs comme capables de résister à de telles tensions sans subir un arrangement. Si donc les matériaux de la Terre ne sont pas capables de subir une tension permanente, une hypothèse est nécessaire pour rendre compte de la persistance apparente des continents et des montagnes. Elle est fournie par la notion de l'*isostasie*, suivant laquelle il existe un déficit de densité sous chaque montagne, de sorte qu'au-dessous d'une certaine profondeur (110 kilomètres environ) il n'y a plus d'effort tangentiel. Ces efforts n'existent que jusqu'à cette couche de compensation. Des observations faites aux Etats-Unis tendent à confirmer cette théorie. L'isostasie nécessite donc que les parties les plus externes de la Terre soient capables de résister à une déformation pendant une période géologique, tandis que la plasticité du noyau est tout à fait arbitraire. D'autre part, la persistance de la variation de la latitude semble exiger qu'aucun arrangement permanent n'ait lieu en aucun endroit de la Terre pendant une année, de sorte que le noyau doit se comporter comme s'il était presque parfaitement élastique quand il est soumis à des efforts de période de cet ordre. Enfin, les estimations de la viscosité qui sont basées sur le retard des marées lunaires et l'accélération séculaire du mouvement moyen de la Lune semblent nécessiter un arrangement permanent, au moins dans le noyau, dans l'espace d'un jour, ce qui contredit l'assertion précédente. On le voit, la grandeur de la viscosité de la Terre doit être considérée comme un problème non encore résolu.

§ 2. — Electricité industrielle

Le retour par la terre dans les transports d'énergie électrique. — Les transmissions télégraphiques n'exigent qu'un seul fil (nous ne parlons pas ici des procédés de T. S. F.), le circuit se trouvant fermé par la mise à la terre des deux extrémités de la ligne.

L'Etat, qui utilise cette combinaison économique sur des réseaux qui ne transportent que quelques milliampères, en interdit l'application aux grandes canalisations d'énergie, malgré l'avantage qu'en retireraient les exploitants et aussi, par voie de conséquence, les consommateurs eux-mêmes.

Le prétexte de cette interdiction est le souci d'éviter les troubles que risqueraient d'apporter aux correspondances télégraphiques les courants dérivés des prises de terre. En réalité, ces troubles, localisés dans un espace peu étendu, sont beaucoup plus faciles à empêcher que ceux qui résultent du retour par les rails, sur les réseaux de tramways.

Les voies ferrées forment d'excellents conducteurs; cependant, leur résistance n'est pas négligeable, comme l'est celle de la terre, et il s'établit, tout le long du parcours, des dérivations plus ou moins intenses, suivant la conductibilité du sol, dérivations qui se traduisent par des phénomènes d'électrolyse, dont les rails et les conduites d'eau avoisinantes font les frais, ainsi que par des effets d'induction, qui se manifestent sur les lignes électriques peu éloignées, à chaque variation du débit.

Rien de pareil ne se produit, lorsqu'on établit aux extrémités d'une ligne deux prises de terre. La terre se comporte comme un conducteur de résistance invariable, quelle que soit la longueur de la ligne, et cette résistance, réduite à 2 ohms environ, est celle des prises de terre.

Les seules perturbations possibles sont celles qui s'exercent dans le voisinage plus ou moins immédiat des prises de terre, et M. Vedovelli a indiqué le moyen d'en préserver à coup sûr les lignes télégraphiques.

Ce moyen consiste à délimiter, autour de chaque prise

de terre, une zone dite dangereuse, c'est-à-dire telle qu'entre un point quelconque de la périphérie et un point très éloigné, situé à la surface du sol et supposé neutre, la différence de potentiel soit très faible, par exemple 2 volts au maximum. On aura ainsi la certitude de ne pas troubler les communications télégraphiques. Cette zone, dont l'étendue dépend surtout de la nature du terrain, est en général très restreinte, car l'influence de la prise de terre sur le potentiel du sol décroît rapidement lorsqu'on s'éloigne de cette prise.

Le dispositif préconisé par M. Vedovelli consiste à matérialiser cette zone, en l'entourant d'une barrière en toile métallique. Il existe, entre les barrières des deux prises, une différence de potentiel égale au plus à 4 volts, et l'on pourra d'ailleurs en suivre les variations en montant un voltmètre sensible sur un fil reliant les deux toiles métalliques. Si, pour une raison quelconque, cette différence vient à augmenter, on en sera immédiatement averti, et l'on prendra toutes les mesures nécessaires pour y remédier.

La sécurité du service télégraphique étant ainsi assurée, il est intéressant de se rendre compte des économies que la suppression d'un conducteur permet de réaliser. Supposons le cas d'une transmission à deux fils, en courant continu ou en courant alternatif monophasé.

Si l'on admet la même perte en ligne qu'avec deux fils, le retour par la terre réduit la dépense de cuivre au tiers. Si l'on consent à la même dépense de cuivre, la perte en ligne tombe également au tiers de ce qu'elle serait avec deux fils. Cette diminution considérable de la perte en ligne tient à ce fait que la résistance du conducteur de retour (2 ohms, aux prises de contact avec le sol) est tout à fait négligeable.

En tenant compte de la dépense relative aux poteaux et aux isolateurs, ainsi que de la longueur de ligne supplémentaire qui est parfois nécessaire pour établir les prises de terre à quelque distance des points extrêmes de la ligne principale, on peut calculer que, pour une transmission de 1.500 kilowatts sous 15.000 volts à 50 kilomètres de distance, l'économie d'installation atteint 41 %.

Ce pourcentage représente de très gros capitaux, dans les vastes entreprises de transport d'énergie, qui se multiplient depuis quelques années. L'emploi des hautes tensions a déjà permis de donner à l'exploitation de la houille blanche une extension inespérée: il appartient maintenant à l'Etat de favoriser encore davantage l'utilisation des forces naturelles, en levant une interdiction que rien ne justifie.

Ernest Coustet.

§ 3. — Chimie physique

Méthode pour distinguer les substances tautomères, isomères et polymères des substances polymorphes. — Lorsqu'une substance existe sous plusieurs modifications, elle le doit à une différence soit de structure des molécules (tautomérie, isomérie dynamique ou polymérie), soit d'arrangement des molécules dans le cristal (polymorphisme). Dans ce dernier cas, la différence disparaît quand la substance est dissoute ou vaporisée.

Si une substance se présente sous deux formes, et si on ajoute une certaine quantité de la forme la moins soluble à une solution saturée de la forme la plus soluble, la concentration totale n'augmente pas, mais peut, au contraire, diminuer si les substances sont polymorphes; tandis que, si les deux formes sont tautomères, la forme la moins soluble se dissout dans la solution, malgré la présence de la forme la plus soluble (à moins que le changement tautomérique ne soit très rapide), et la concentration augmente.

Le changement de concentration est facile à déterminer par la mesure du point de congélation du solvant pur, puis additionné de petites quantités successives de la modification la plus soluble, finement pulvérisée, jusqu'à ce que la solution soit saturée (ce que montre la constance du point de congélation), et enfin additionné de petites quantités successives de la forme la moins soluble, bien pulvérisée, jusqu'à ce que le point de congélation reste de nouveau constant. Un abaissement du point de congélation par addition de la forme moins soluble (correspondant à une augmentation de concentration) indique que les deux formes sont tautomères ou isomères. Si l'addition de la modification la moins soluble ne provoque qu'une faible dépression du point de congélation, il faut déterminer la dépression produite par celle-ci seulement dans le solvant pur.

En utilisant cette méthode, avec du benzène comme solvant, l'auteur, M. N. V. Sidgwick[1], a trouvé que les deux phtalylphénylhydrazides qui fondent à 184° C. sont polymorphes, tandis que la troisième forme, qui fond à 216°, est isomère ou tautomère. Les deux phtalylphénylméthylhydrazides, blanc et jaune, les deux formes du *p*-bromacétanilide et du 2 : 4-dibromacétanilide (aiguilles et prismes trapus), le *p*-nitrophénol jaune insensible à la lumière et la modification sensible, sont des substances polymorphes, tandis que les formes cétonique et énolique du benzoylcamphre et les formes dextrogyre et lévogyre de l'anhydride camphorique se comportent comme des composés tautomères ou isomères.

§ 4. — Chimie industrielle

Recherches sur les fusibles de chaudières en étain. — Il arrive parfois que les fusibles de sûreté des chaudières, qui doivent fondre lorsque les conditions de marche ne sont plus normales, ne fonctionnent pas au moment critique. Deux physiciens du Bureau américain des Poids et Mesures, MM. G. K. Burgess et P. D. Merica, ont recherché la cause de ces détériorations et ils l'ont trouvée dans une oxydation du remplissage en étain sous forme d'oxyde d'étain SnO^2, qui a un point de fusion supérieur à 1600°.

Dans la plupart des cas, l'oxydation a lieu le long des grains métalliques et forme tout un réseau d'oxyde à l'intérieur du métal. Les auteurs ont reconnu que tous les fusibles présentant cette détérioration contenaient du zinc dans la proportion de 0,3 à 4 %. Ce dernier métal n'est pas soluble à l'état solide dans l'étain, et quand de l'étain contenant de petites quantités de zinc est chauffé dans une chaudière à environ 180° C., le zinc se condense en un réseau enveloppant les grains ou cristaux d'étain. L'eau de la chaudière, surtout si elle est alcaline, attaque le zinc, poursuit son chemin dans l'alliage le long du réseau de zinc et forme finalement le réseau d'oxyde observé.

Le plomb et le zinc sont les principales impuretés des fusibles d'étain, et comme tous les fusibles défectueux qui ont été examinés contenaient ces impuretés, les étains impurs doivent être strictement éliminés pour la fabrication de ces fusibles.

Il est très facile de déterminer rapidement la pureté d'un échantillon d'étain par la mesure de son point de solidification. Il suffit d'opérer sur 2 ou 3 grammes de matière et de posséder quelques appareils peu coûteux (millivoltmètre à haute résistance et thermocouple cuivre-constantan).

L'influence de l'addition de cuivre sur la corrosion de l'acier. — Les nombreuses et excellentes qualités qu'offrent le fer et l'acier comme matériaux de construction sont souvent contrebalancées par leur susceptibilité à la corrosion. Cette tendance à l'oxydation est combattue par divers moyens, en particulier par l'application de revêtements protecteurs. Mais cette protection n'est pas toujours possible ni désirable, et d'autre part certains revêtements sont sujets à être enlevés par accident ou par abrasion normale. Aussi accorde-t-on de plus en plus d'attention à la production de variétés de fer et d'acier résistantes par elles-mêmes à la corrosion.

1. *Chem. Soc. Trans.*, 1915, t. CVII, p. 672-678.

M. D. M. Buck vient de communiquer à l'*American Iron and Steel Institute* les résultats de plusieurs années de recherches entreprises dans le but de déterminer l'influence de l'addition de cuivre, ainsi que de plusieurs autres éléments qui se trouvent normalement en petite quantité dans le fer et l'acier : C, Mn, S, P, Si, sur la corrosion de ces métaux exposés aux conditions atmosphériques sous forme de grandes feuilles non protégées.

La présence du carbone, en quantités variant de 0,14 à 0,2 %, semble n'avoir que peu d'influence sur la corrosion.

Quelques métallurgistes ont accusé le manganèse de diminuer la résistance de l'acier à l'oxydation. Les expériences de l'auteur n'apportent aucune preuve à cette assertion. La plus grande partie du manganèse est alliée au fer, état sous lequel il ne peut stimuler la corrosion, du moins par action électrolytique, car les deux métaux ne forment pas un couple. Le reste du manganèse est à l'état de sulfure, en amas isolés; celui-ci, exposé à l'air, peut s'oxyder en sulfate et accroître la corrosion : mais cette action doit être mise à la charge du soufre, qui, lorsqu'il est combiné à l'état de sulfure de fer, est aussi dangereux.

En effet, de tous les métalloïdes présents dans l'acier, le soufre, surtout en quantité anormale, exerce l'action la plus nuisible. Les expériences montrent que le soufre, dans les aciers ne renfermant pas de cuivre, accélère la corrosion lorsque sa teneur s'élève jusqu'à 0,18 %.

L'augmentation de la teneur en phosphore de l'acier a plutôt une influence légèrement favorable sur la résistance à l'oxydation. Quant au silicium en très faible quantité, il est inoffensif; ce n'est que lorsque sa proportion augmente de 0,15 à 0,30 % qu'il accélère nettement la corrosion.

On admet généralement que le cuivre ajouté dans la proportion de 0,25 % à l'acier fondu augmente considérablement sa résistance à la corrosion atmosphérique. Des mesures sur des pièces pesées indiquent un accroissement de durée d'environ 100 %; mais des observations poursuivies pendant plusieurs années ont montré que le bénéfice est encore supérieur, le degré de corrosion diminuant à mesure que le temps d'exposition augmente et les pertes pendant les six premiers mois étant plus grandes que pendant les périodes subséquentes.

Sur le fer et l'acier non protégés, une mince pellicule de rouille se développe en quelques minutes après l'exposition à l'humidité et à l'air. Cette pellicule étant électronégative par rapport au métal sous-jacent stimule la corrosion. En outre, la rouille typique est une limonite, de couleur rouge, grossière et spongieuse, retenant l'eau après avoir été mouillée et facilitant la prolongation de la corrosion. La rouille formée sur le fer au cuivre, au contraire, est brun sombre, adhérente et fine, et, si elle ne protège pas le métal, elle ne constitue pas un accélérateur. Elle sèche très rapidement dès qu'elle a été mouillée.

La proportion la plus favorable de cuivre à ajouter à l'acier paraît être de 0,25 %; elle neutralise l'effet dangereux de 0,14 % de soufre. Une proportion plus forte de cuivre ne paraît pas augmenter son action; mais une proportion plus faible, environ 0,15 %, a une action presque aussi efficace dans la plupart des cas. Une addition de 0,04 à 0,05 % de cuivre suffit déjà à améliorer notablement la résistance de l'acier ordinaire.

Le vin désalcoolisé. — Il existe depuis une douzaine d'années dans le commerce un vin dit « sans alcool », constitué par du jus de raisin non fermenté qui a été filtré, stérilisé, parfois rendu effervescent par addition d'anhydride carbonique, et enfin mis en bouteille.

On prépare actuellement en Italie un vin « désalcoolisé » d'un genre tout différent : il se fabrique, en effet, avec du vin véritable, produit par la fermentation du jus de raisin et privé ensuite de son alcool. Cette dernière opération a lieu par distillation fractionnée sous pression relativement basse, dans un appareil continu imaginé à cet effet par le Dr Gino Ciapetti[1]. Les quantités très petites d'éthers et d'alcools supérieurs qui confèrent au vin son parfum se séparent d'abord à une température de 25° à 30° C., puis l'alcool éthylique est éliminé à 55°, après quoi les éthers sont réincorporés au résidu de la distillation.

Il en résulte un vin contenant moins de 1 % d'alcool et tous les autres composants du vin en quantités légèrement augmentées, sauf peut-être quelques-uns des acides volatils; mais on peut corriger ce défaut en ajoutant de l'anhydride carbonique qui, avec environ 3 % de sucre dans le cas de vins très secs, rend le produit agréable au palais.

Voici, d'ailleurs, la composition d'un vin rouge toscan avant et après désalcoolisation :

		Avant	Après
Poids spécifique à +15° C.		996,70	1006,70
Alcool % en volume		10,20	0,60
Extrait	pour mille	24,64	24,66
Glycérine	»	6,22	6,25
Tannin	»	2,02	2,05
Glucose	»	1,62	1,55
Sulfate de potasse	»	1,10	1,12
Bitartrate de potasse	»	3,15	3,20
Cendres	»	2,52	2,50
Anhydride phosphorique	»	0,32	0,33
Acidité totale	»	7,65	7,42
« volatile	»	1,70	1,53

L'alcool extrait du vin a la propriété d'être très pur.

§ 5. — Agronomie

La production et la consommation des céréales en 1915. — Dans un supplément au numéro de septembre du *Bulletin de Statistique agricole et commerciale de l'Institut international d'Agriculture*, le Dr Widung, chef du Service de la Statistique générale de l'Institut, s'est posé la question suivante : Est-ce que la récolte en céréales de 1915 dans l'hémisphère septentrional a été suffisante pour satisfaire aux besoins de la consommation mondiale jusqu'à la prochaine récolte? Afin de répondre à cette question, il groupe dans les tableaux qui suivent les résultats auxquels il est arrivé pour les différentes céréales par l'examen des statistiques officielles.

1. *Production.* — Le tableau qui suit concerne l'importance de la production mondiale en céréales de la dernière année-récolte 1915 dans l'hémisphère septentrional par rapport à celle de l'année-récolte 1914 et à la production moyenne des cinq dernières années-récoltes.

PRODUIT	Année-récolte 1915 (hémisphère septentrional). (données provisoires)	Année-récolte 1914 (données définitives)	Récolte moyenne quinquennale des années-récoltes 1910 à 1914	La récolte 1915 est égale à... % de la récolte 1914	La récolte 1915 est égale à... % de la récolte moyenne quinquenn. 1910 à 1914
	millions de quintaux				
Froment	1.106	942	931	117,4	118,7
Seigle	482	436	448	110,5	116,5
Orge	345	304	316	113,2	109,0
Avoine	705	611	626	115,5	112,6
Maïs	966	877	900	110,2	107,4

Il en résulte que, pour toutes les céréales considérées, la production de l'année-récolte 1915 dans l'hémisphère septentrional a été supérieure tant à la production de

1. *L'Italia agricola*, t. LII, n° 5, p. 209-212; 15 mai 1915.

l'année précédente qu'également à la dernière production moyenne quinquennale.

Il peut être intéressant de connaître l'importance relative de la production totale de l'ensemble des céréales qui, d'après leur nature, peuvent plus ou moins se substituer les unes aux autres. Bien qu'il ne soit pas exact d'additionner purement et simplement les différentes productions à cause de leur valeur nutritive différente, nous pourrons constater toutefois, sous la réserve faite, que la production totale de l'ensemble des céréales en 1915 dans l'hémisphère septentrional avec 3.604 millions de quintaux est égale à 113,7 % de la production totale de 1914 qui était de 3.170 millions de quintaux, et à 111,9 % de la production moyenne quinquennale des années-récoltes de 1909 à 1914 se chiffrant à 3.221 millions de quintaux.

Le tableau qui précède comprend les pays pour lesquels, faute de chiffres officiels, la production de l'année-récolte 1915 a été supposée égale à la production moyenne des cinq dernières années. Dans le tableau qui suit, l'auteur donne seulement les totaux des pays pour lesquels l'Institut dispose pour la dernière année-récolte de chiffres officiels.

PRODUIT	Année-récolte 1915 (hémisphère septentrional) (données provisoires)	Année-récolte 1914 (données définitives)	Récolte moyenne quinquennale des années-récoltes 1910 à 1914	La récolte 1915 est égale à... % de la récolte 1914	La récolte 1915 est égale à... % de la récolte moyenne quinquenn. 1910 à 1914
	millions de quintaux				
Froment. . .	876	711	689	123,2	127,1
Seigle . . .	280	240	244	116,7	114,8
Orge	244	205	212	119,2	115,1
Avoine . . .	494	396	414	124,9	119,3
Maïs	836	755	770	110,8	108,6

Quant à la dernière production moyenne quinquennale, les résultats sont, par rapport au premier tableau respectivement pour les différentes céréales, les suivants :

Froment,	chiffre	officiel :	125,3	contre	118,7	comme chiffre total.
Seigle,	»		113,7	»	106,5	»
Orge,	»		113,4	»	109,0	»
Avoine,	»		119,1	»	112,6	»
Maïs,	»		108,6	»	107,4	»

II. *Quantités nécessaires à la consommation.* — Le tableau qui suit résume les résultats auxquels M. Widung est parvenu en examinant, pour les différentes céréales, si la récolte de la dernière année est suffisante pour satisfaire aux besoins de la consommation, calculée sur la base des quantités ayant été disponibles dans les différents pays en moyenne pendant les cinq dernières années, le tout en faisant complètement abstraction des stocks.

PRODUIT	Production de l'année-récolte 1915 (données provisoires)	Quantités ayant été disponibles en moyenne pour la consommation pendant les années 1910-1911 à 1914-1915	La récolte 1915 présente un excédent de	La récolte 1915 présente un déficit de
	millions de quintaux			
Froment . . .	1.106	941	165	—
Seigle	482	442	40	—
Orge.	345	322	23	—
Avoine	705	630	75	—
Maïs.	937	906	31	—

D'après ce tableau, la dernière récolte sur l'hémisphère septentrional présente pour toutes les céréales des excédents plus ou moins notables sur les quantités nécessaires à la consommation.

Toutefois, il y a lieu de relever que ces excédents devront encore servir aux besoins des pays qui, tout en ne figurant pas dans les tableaux qui précèdent, ont cependant une importation plus ou moins considérable de céréales et de farines, comme surtout la plupart des pays et colonies tropicaux.

On pourra donc conclure qu'en tenant compte des stocks qui ont été reportés à l'année courante, et en faisant abstraction des productions qui peuvent, soit suppléer aux céréales, soit les remplacer ou vice versa, le monde, pris dans son ensemble, dispose d'une quantité suffisante de céréales pour satisfaire aux besoins de la consommation en général, sur la base de la consommation moyenne des cinq dernières années.

§ 6. — Biologie

L'influence de la pression barométrique et de la température sur le développement des Lépidoptères. — La nymphose des Lépidoptères, qui débute avec la dernière mue larvaire, se poursuit jusqu'au moment où la déhiscence des fourreaux, provoquant l'ouverture de la chrysalide, livre passage au papillon tout développé. L'époque de l'éclosion est du reste indiquée quelque temps à l'avance par l'apparition, sur les téguments de la chrysalide, de certains caractères précurseurs.

La durée de la nymphose varie dans une large mesure suivant les individus d'une même espèce. C'est ainsi qu'en considérant un lot de chrysalides sœurs, formées le même jour et maintenues durant toute leur vie dans les mêmes conditions de milieu, on constate non seulement que la durée de leur développement est variable, mais encore que le temps qui s'écoule depuis le moment où les caractères précurseurs de l'éclosion apparaissent jusqu'au moment où celle-ci a lieu est plus ou moins long suivant les individus considérés.

Quelle est la cause de ces retards variables qui se produisent dans l'éclosion de l'insecte adulte ? Telle est la question que s'est posée le Dr Arnold Pictet, le savant entomologiste de Genève, et à laquelle plusieurs années de recherches lui permettent de répondre aujourd'hui [1].

Il résulte de 1.758 observations effectuées depuis 1907 et d'une trentaine d'expériences pratiquées à partir de 1913 sur des Lépidoptères pris dans tous les groupes de cet ordre que la diminution de la pression atmosphérique joue un grand rôle pour provoquer l'éclosion des papillons et que la grande majorité de ceux-ci n'émergent de leur chrysalide que lorsque le baromètre vient à baisser. En fait 91, 32 % des 1.758 individus observés ont éclos pendant la baisse barométrique, l'éclosion du surplus, excessivement restreint comme on le voit, s'étant effectuée par la hausse ou par une pression uniforme.

Ayant constaté le rôle de la baisse barométrique, M. Arnold Pictet, pour chercher à l'expliquer, s'est adressé à l'expérimentation.

On admettait autrefois que la déhiscence des fourreaux était provoquée par l'animal lui-même qui, en aspirant violemment de l'air dans ses trachées, augmentait le volume de son corps de manière à faire sauter les lignes de suture; mais la constatation faite par l'auteur d'une *attente* que subit le papillon dans sa chrysalide avant d'éclore, bien que formé depuis plusieurs jours, infirme cette hypothèse.

Au contraire, ses expériences démontrent que :

1° Si l'on place des chrysalides, dès le moment où les caractères précurseurs de l'éclosion sont marqués, dans un cristallisoir hermétiquement clos où la pression soit

1. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, [4], t. XL, n° 7, p. 74, et n° 8, p. 161; 15 juillet et 15 août 1915.

uniforme, on retarde notablement le moment de l'éclosion; il arrive même que le papillon, ne pouvant éclore, et par conséquent ne pouvant se nourrir, meurt de faim dans sa chrysalide;

2° Lorsqu'une chrysalide est sur le point d'éclore alors que le baromètre monte, l'éclosion se trouve retardée jusqu'au jour où la pression baisse de nouveau;

3° Si, dans un cristallisoir hermétiquement clos et en communication par une tubulure avec une pompe à vide, on place une chrysalide prête à livrer son papillon et qu'on abaisse alors subitement la pression de 5 à 10 mm. au sein du cristallisoir, on constate que, dès l'instant où cet abaissement a lieu, la déhiscence des fourreaux se produit, amenant comme un éclatement de la partie antérieure de la chrysalide, d'où sort le papillon avec rapidité.

Il résulte donc de ces expériences que le papillon, bien que tout formé dans la chrysalide, n'a pas par lui-même le moyen d'en sortir; pour cela, une action mécanique est nécessaire, et cette action réside dans une diminution de la pression barométrique, qui ne tarde jamais beaucoup, survenant au moment propice.

Ce mécanisme est facile à comprendre : au cours du développement, il s'établit un équilibre entre l'atmosphère intérieure de la nymphe et l'atmosphère ambiante. Le baromètre venant à monter au moment de l'éclosion, il se forme une pression *du dehors au dedans* capable de retenir les fourreaux contre le corps de la chrysalide, tandis que, le baromètre baissant, c'est au contraire une pression *du dedans au dehors* qui se forme, laquelle fait sauter les lignes de déhiscence des fourreaux.

Le 8 °/o environ des chrysalides observées a éclos par la hausse ou par la pression uniforme. Pour expliquer ces cas exceptionnels, il faut tenir compte des éclosions qui ont eu lieu pendant la nuit et repérées seulement le matin, alors qu'une baisse barométrique nocturne a pu passer inaperçue. Il faut tenir compte encore de ce que d'autres facteurs, tels que le passage d'un milieu sec à un milieu humide, peuvent intervenir en temps propice et jouer le même rôle que la pression barométrique.

Parmi ces facteurs de l'ambiance, susceptibles de ralentir ou d'accélérer le développement des chrysalides, la température joue un rôle important, et l'on peut se demander si son action est capable d'annuler les effets de la pression atmosphérique ou bien si elle agit en concordance avec eux.

Pour élucider ce problème, le Dr Arnold Pictet a entrepris 8 séries de nouvelles expériences, avec 390 individus appartenant à 5 espèces; elles ont consisté à diviser les chrysalides provenant d'une même ponte, c'est-à-dire ayant la même somme d'influences héréditaires, en un certain nombre de lots soumis chacun à l'action d'une température allant de 6° à 37°. Chaque lot s'est trouvé en conséquence dans des conditions de chaleur différentes, et les époques d'éclosion spéciales à chaque lot ont été d'autant plus tardives que la température a été plus basse pendant la nymphose.

Au moment où elles se produisirent, les éclosions ont été comparées avec la courbe barométrique, et l'on a pu constater que c'est, *dans la totalité des cas*, par la baisse qu'elles ont eu lieu. Ainsi, une modification produite dans l'époque habituelle de l'éclosion, et qui amène celle-ci plus tôt ou plus tard que normalement, est quand même dans la dépendance de la pression atmosphérique agissant au moment où la chrysalide est prête à éclore.

Avec des *chrysalides hivernantes*, M. Pictet a encore entrepris des expériences de même genre. Pour provoquer une accélération de leur développement, il faut que l'action de l'élévation de la température se fasse surtout sentir durant le troisième tiers de la nymphose; une action thermique uniforme pendant tout l'hiver n'amène guère les éclosions plus tôt que dans les conditions normales, tandis que des alternances diurnes et nocturnes de chaleur et de froid sont susceptibles d'activer la métamorphose. Or, dans ces derniers cas, les avances obtenues ne subsistent qu'en tant qu'une baisse barométrique se présente au moment de l'éclosion; s'il survient, par exemple, une hausse d'une durée de trois jours à ce moment-là, l'avance acquise se trouvera diminuée d'autant.

Une élévation de température au moment de l'éclosion peut en elle-même, par le fait de la dilatation des tissus et des liquides sanguins qu'elle produit, jouer le même rôle que la diminution de pression barométrique et vraisemblablement remplacer celle-ci dans quelques cas spéciaux.

§ 7. — Géographie et Colonisation

Le sort de l'Expédition arctique canadienne. — V. Stefansson, le chef de l'Expédition arctique canadienne, dont nous avons raconté ici-même la tragique odyssée[1], vient d'être retrouvé par le bateau *Polar Bear* envoyé à sa recherche. Voici les renseignements qu'il donne, dans une lettre parue le 20 septembre dans le *Daily Chronicle*, sur les péripéties et les résultats de son expédition.

On sait qu'après avoir quitté en septembre 1913 son navire, le *Karluk*, emprisonné dans les glaces, pour aller chasser sur la côte septentrionale du Canada, à l'est de Point Barrow, le vaisseau fut emporté à la dérive par une violente tempête, emmenant avec lui la majeure partie de l'Expédition, dont nous avons déjà dit le sort. Après avoir hiverné dans le delta du fleuve Mackenzie, Stefansson, accompagné de Mc Connell et de six hommes, partit le 22 mars de Martin Point vers le Nord, à la recherche d'une terre nouvelle. Au bout de trois semaines, il renvoyait à la côte une partie de l'Expédition, puis repartait vers le Nord, avec deux compagnons seulement. Depuis lors, on était resté sans nouvelles de lui, et c'est en vain que le *Polar Bear* avait recherché ses traces sur les côtes de la Terre de Banks pendant l'été 1914.

Stefansson, pourtant, avait poursuivi son programme; mais, après avoir atteint un point situé par 73° de lat. N. et 140° de long. W, il avait tourné à l'Est, et 90 jours après son départ de Martin Point il avait rallié la Terre de Banks, à une cinquantaine de kilomètres au sud du Cap Alfred. De là il se dirigea au Sud vers le Cap Kellett, où il trouva un dépôt de provisions qu'il avait fait préparer à son intention. Pendant l'hiver 1914-1915, il entreprit un raid en traîneau de 650 kilomètres à l'Ile Victoria, mais sans rencontrer d'Esquimaux.

En février de cette année, Stefansson, avec ses compagnons, reprit le chemin du Nord, par le Cap Alfred, jusqu'à l'île du Prince Patrick, dont il remonta la côte occidentale jusqu'au Cap Mc Klintock. Vers le nord-est de ce dernier, il découvrit une nouvelle terre très étendue, s'élevant à une hauteur d'environ 700 mètres. Le voyage de retour se fit le long de la côte occidentale de l'île Melville, par le détroit de Mc Clure, jusqu'à la Baie de la Merci, puis, à travers la Terre de Banks, jusqu'au Cap Kellett, où l'explorateur trouva le *Polar Bear* qui le ramena à l'île Herschell. Pendant son voyage, Stefansson a vécu de renne, d'ours et de phoque et n'a manqué de rien.

L'explorateur n'a pas rejoint les contrées civilisées. Après s'être ravitaillé, il est retourné à la Terre de Banks pour hiverner. L'année prochaine, il espère explorer sa nouvelle terre et entreprendre un voyage sur la mer de Beaufort.

1. L. Brunet : L'odyssée de l'Expédition arctique canadienne. *Rev. gén. des Sc.* du 15 février 1915, t. XXVI, n° 3, p. 90-93.

COMMENT LES FLEURS ATTIRENT LES ABEILLES

I

Voici un sujet qui a très tôt éveillé la curiosité des naturalistes, dont l'étude a été entreprise par des botanistes et par des zoologistes célèbres, qui a suscité bien des controverses, et qui me paraît enfin, après des discussions fort vives, éclairci par une expérimentation décisive.

En 1761 déjà, J. G. Kölreuter[1] affirmait que la fécondation de certaines fleurs exige la visite d'Insectes; et, quelque temps après, en 1793, Christian Konrad Sprengel[2] publiait son curieux ouvrage, où se trouvent exposés les fondements de la théorie qui envisage les rapports entre les Insectes et les plantes dites entomophiles. Tout homme cultivé sait maintenant que la fécondation croisée observée chez ces plantes est assurée par le transport du pollen émis par une fleur sur le pistil d'une autre fleur de même espèce, portée par le même pied ou par un pied voisin. Ce transport s'accomplit à l'occasion des visites que font des Insectes, surtout des Hyménoptères, des Diptères et des Lépidoptères, pour butiner chez les fleurs le nectar ou les grains de pollen dont ils se nourrissent. Des naturalistes célèbres ont décrit les dispositions florales, souvent étranges, qui favorisent ce transport involontaire de pollen, et, d'autre part, les adaptations que présentent les Insectes récolteurs de nectar.

A la suite des travaux de Sprengel, de Darwin[3], de H. Müller[4] et d'autres, les naturalistes qui étudièrent la biologie florale et l'adaptation des fleurs aux visites des Insectes pollinateurs, admirent que c'est avant tout l'éclat de la corolle ou d'un autre organe « vexillaire » qui *attire* l'Insecte pollinateur ; que des dessins existant sur la corolle peuvent dans certains cas indiquer au visiteur la voie à suivre pour arriver aux glandes nectarigènes, souvent profondément cachées. Des expérimentateurs comme Lubbock[5] attribuèrent à certaines couleurs une valeur attractive spéciale ; et certains entomologistes citèrent même des Insectes, comme les Syrphes, qui manifesteraient une admiration pour les fleurs de certaines plantes.

Bref, presque tous les biologistes qui étudièrent les rapports entre les Insectes et les plantes entomophiles se préoccupèrent peu du rôle des émanations odorantes des fleurs et considérèrent l'éclat et la coloration de celles-ci comme le facteur attractif spécial. — Mais, en 1895, parut de F. Plateau un premier mémoire qui jeta quelque désarroi dans les esprits. Des observations nombreuses et variées[1] avaient précédemment convaincu cet expérimentateur que les Insectes ne possèdent pas une « vision des formes » suffisamment développée pour justifier les opinions classiques; cette fois, il venait affirmer que, chez les Composées radiées, telles que les Dahlias, ni la forme, ni les couleurs des capitules ne semblent avoir d'action attractive : c'est un autre sens, l'odorat, qui dirige les Insectes vers ces inflorescences.

Dans ce mémoire et dans d'autres qui suivirent[2], il soutint que les Bourdons continuent à visiter des capitules de Dahlias simples, lorsque les fleurons ligulés, et même les fleurons centraux, en ont été masqués par du papier coloré ou du feuillage vert (1895) ; — que les Insectes continuent leurs visites à des inflorescences dont on a supprimé la presque totalité des organes voyants (1896) ; — que les Hyménoptères, explorant des touffes d'inflorescences semblables, mais de diverses couleurs, visitent également toutes les variétés voisines, sans manifester de préférence pour une couleur déterminée (1897, 1899) ; — que des inflorescences à corolles très voyantes et dédaignées par les Abeilles et les Bourdons (comme les *Pelargonium*) sont abondamment visitées lorsqu'on y introduit du miel ; inversement, si l'on supprime les fleurons centraux, nectarifères, des capitules de *Dahlia variabilis*, les Bourdons et les Mégachiles se portent encore assez souvent vers les inflorescences mutilées, mais ne s'y posent plus et fondent sur les inflorescences intactes voisines ; les visites recommencent si l'on remplace par du miel les fleurons nectarifères absents (1897) ; — qu'il suffit

1. Kölreuter : Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen, Leipzig, 1761. — Je ne citerai de la bibliographie, qui comporte une bonne centaine de numéros, que les travaux indispensables à mon exposé.

2. Sprengel : Das entdeckte Geheimniss der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen, Berlin, 1793.

3. Ch. Darwin : The Effects of cross and self Fertilisation in the vegetable Kingdom, London, 1876.

4. H. Müller : Die Befruchtung der Blumen durch Insekten..., Leipzig, 1873. — Alpenblumen, Leipzig, 1881.

5. Lubbock : Ants, Bees and Wasps, 1882.

1. F. Plateau : Recherches expérimentales sur la vision chez les Arthropodes. Cinq parties. *Bulletins de l'Académie royale de Belgique*, 1887-1888.

2. F. Plateau : Comment les fleurs attirent les Insectes; recherches expérimentales. *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXX, 1895; t. XXXII, 1896; t. XXXIII, 1897; t. XXXIV, 1897; t. XXXVI, 1897. — Nouvelles recherches sur les rapports entre les insectes et les fleurs. *Mémoires de la Société zool. de France*, t. XI, 1898; t. XII, 1899; t. XIII, 1900.

de déposer du miel sur les fleurs peu apparentes de plantes anémophiles, pour y attirer des Insectes nombreux; grand d'ailleurs est dans la Nature le nombre des fleurs verdâtres ou brunâtres, anémophiles, que les Insectes visitent pour y trouver du pollen (1897); — que les Insectes ne prêtent guère d'attention aux fleurs artificielles en papier ou en étoffe, à couleurs vives, même lorsqu'elles contiennent du miel (1897 et 1906)[1]; — que les Hyménoptères Apiaires qui visitent les *Salvia horminum* ne se dirigent pas vers la touffe terminale de bractées éclatantes, mais vers les fleurs réelles, nectarifères; les grandes fleurs stériles des inflorescences de la Viorne et de l'Hortensia cultivé n'ont pas, non plus, de rôle attractif spécial (1898).

Des expériences semblables ne tendaient rien moins qu'à dénier tout rôle *attractif* aux organes vexillaires des fleurs entomophiles : leurs conclusions suscitèrent une vive opposition et de nouvelles recherches, notamment de Ch. Schröder (1901), de Aug. Forel (1901), de J. Pérez (1903), de E. Andreae (1903), de E. Giltay (1904), de Mlle Wéry (1904). Plateau, tout en reconnaissant bientôt qu'il avait été trop absolu, défendit son point de vue, pendant une dizaine d'années, avec une patience et une ingéniosité remarquables. Il mit en lumière certaines erreurs expérimentales de ses contradicteurs ; et il reconnut que beaucoup des observations faites par d'autres et par lui-même se trouvaient faussées, parce qu'on avait négligé de tenir compte de la mémoire que conservent les Hyménoptères des lieux visités : ils reviennent à des endroits où ils ont antérieurement trouvé des fleurs à butin, avec obstination pendant un certain temps, qu'il y ait là, au moment de l'expérience nouvelle, des corolles vides, des fleurs en papier ou en feuillage, des inflorescences à organes vexillaires ou des objets auxquels on dénie tout rôle attractif.

Il faut reconnaître à Plateau le mérite d'avoir placé sur le terrain expérimental une question que, postérieurement aux nombreuses et fondamentales observations de H. Müller, on traitait par des raisonnements un peu simplistes : il a ramené de force l'attention sur le rôle des perceptions olfactives dans les allures des Insectes vis-à-vis des fleurs, rôle que tendaient à méconnaître des naturalistes plus attentifs à l'évolution des corolles florales qu'à celle des nectaires. Mais l'étude de la discussion fait reconnaître que Plateau, entraîné par une réaction trop accentuée contre des opinions classiques, néglige trop le rôle de la vision dans les phénomènes considérés.

Et des expériences plus récentes, comme celles de Lovell[1] (1909-1912), montrent que des Abeilles, mises en situation de choisir entre des inflorescences voyantes et des inflorescences semblables privées de leurs corolles, ou bien entre deux portions de miel associées à des objets de visibilités différentes, vont surtout aux supports les plus visibles. — D'autres observations, comme celles de L. von Dobkiewicz et surtout de K. von Frisch, dont il sera question plus loin, expliquent, d'une manière plus démonstrative encore, l'intervention de sensations visuelles.

D'ailleurs des expériences faites par Forel (1886-1901), par Gorka (1900), et confirmées par Plateau (1902), montrent que, sans le secours de leurs organes olfactifs, que l'on a amputés ou recouverts de collodion, des Insectes, et notamment des Bourdons et des Abeilles, retrouvent les fleurs qu'ils visitaient antérieurement.

Des sensations visuelles interviennent donc en même temps que des sensations olfactives, vraisemblablement à des degrés divers selon les Insectes et selon les fleurs, pour déterminer les Insectes, et parmi eux les Abeilles, à visiter les corolles.

II

La discussion, si longue, qu'a suscitée Plateau sur l'« attraction » des Insectes par les fleurs eût singulièrement gagné en clarté, si la plupart des contradicteurs de Plateau n'avaient employé ce terme d'« attraction » dans des sens à peine définis ; si Plateau lui-même n'avait en quelque sorte compris cette attraction comme un tropisme à la manière de Loeb. Et l'on se fût rapidement entendu, je pense, si, au lieu de discuter comment les fleurs *attirent* les Insectes, on avait cherché — comme le comprenait l'observateur sagace qu'est Forel[2] — par quel mécanisme sensoriel et psychique les Abeilles sont guidées vers les fleurs qu'elles ont acquis l'habitude de visiter.

Cette question s'associait ainsi à une autre question analogue, qui a suscité des discussions du même genre : celle du retour des Abeilles à leur ruche. Il a été établi, principalement par A. Forel et par H. von Buttel-Reepen[3], contrairement à une affirmation assez singulière de

1. Les fleurs artificielles et les Insectes. *Mém. de l'Acad. de Belgique*, t. I, 1906.

1. J. H. Lovell : The Color Sense of the Honey Bee. *American Naturalist*, june 1909, nov. 1910 et febr. 1912.

2. La matière des mémoires publiés par A. Forel dans diverses revues, sur les sensations des Insectes, a été réunie dans : Das Sinnesleben der Insekten, München, 1910.

3. H. von Buttel-Reepen : Sind die Bienen Reflexmaschinen? *Biologisches Centralblatt*, Bd. XX, 1900.

A. Bethe [1], que les Abeilles retrouvent leur ruche grâce à une mémoire visuelle des lieux.

D'après Buttel-Reepen, les Abeilles peuvent butiner à 6 et 7 kilomètres de leur ruche, et leur faculté d'orientation est le résultat d'un apprentissage. De jeunes Abeilles, qui ne sont point encore sorties de la ruche, ne retrouvent pas le chemin du retour, lorsqu'on les porte à une distance même minime. Une jeune Abeille qui sort pour la première fois se met tout d'abord à décrire autour du rucher des cercles plus ou moins grands, la tête constamment tournée vers l'entrée : elle apprend ainsi à reconnaître les abords de son habitation [2]. Selon G. Bonnier, elles apprennent aussi à s'en éloigner progressivement, et une certaine éducation leur est nécessaire pour remplir l'office de butineuses.

Comme l'a fait observer A. Forel après des expériences sur la perception des formes par une Guêpe, le degré de netteté que Exner [3] trouve aux images qui se forment sur la rétine des Insectes suffit à nous faire comprendre la manière dont ils se dirigent au vol : leurs yeux à facettes leur fournissent des sensations nombreuses des objets qui se succèdent, variant en netteté selon que ces objets se rapprochent ou s'éloignent ; c'est le souvenir de leur succession qui oriente l'Insecte au passage suivant. L'orientation vers un point exact ne nécessite d'ailleurs pas la vue directe de ce point même, mais la position relative dans l'espace des grandes masses environnantes. A plus faible distance des objets, les organes de l'odorat interviennent conjointement avec ceux de la vision.

Cette explication formulée par Forel se trouve confirmée par des expériences récentes de L. von Dobkiewicz [4], qui montrent le rôle des associations de sensations et de la mémoire dans les allures des Abeilles butineuses ; par exemple, de grandes fleurs artificielles, très visibles, que l'on a disséminées dans un champ de trèfles, n'ont été visitées que lorsqu'une circonstance nouvelle a révélé que ces simulacres étaient souvent des récipients de miel : l'aspect de ces simulacres devient alors un repère et le sens de l'odorat ne paraît intervenir qu'à la distance d'un demi-mètre. L'association de sensations ainsi créée se manifeste encore le lendemain, mais s'efface, pour faire place à d'autres, après des visites infructueuses.

Nous comprenons donc l'orientation des Abeilles vers la ruche et vers les fleurs, non comme une « attraction » plus ou moins mystérieuse, ou comme un tropisme mal précisé, mais comme la conséquence d'une combinaison de sensations actuelles fournies par divers sens avec les souvenirs de sensations analogues antérieures.

Et la question qui préoccupe les naturalistes s'occupant de la biologie florale se trouve ainsi résolue en principe : que l'intervention des sensations visuelles soit même un peu moins importante que ne le veulent les continuateurs de H. Müller, la possession d'une corolle grande et éclatante constitue, pour les fleurs entomophiles, un avantage susceptible de donner prise à la sélection naturelle, et l'explication classique de l'évolution de la corolle sous l'influence des Insectes butineurs reste debout, malgré F. Plateau, et malgré C. von Hess, qui l'a combattue plus récemment, comme je vais le dire bientôt.

III

Et quels sont les éléments de l'éclat, de la visibilité des inflorescences ? Pour notre œil, c'est avant tout la couleur, et la plupart des fleurs entomophiles offrent les teintes les plus saturées que nous présentent des objets naturels. Mais les Abeilles distinguent-elles les couleurs comme nous ; ont-elles, comme nous, des sensations colorées variant de qualité avec le degré de réfrangibilité des rayons perçus ? Ou bien leur orientation parmi les objets colorés n'est-elle pas due uniquement à des différences globales de clarté, qui permettent souvent aux daltoniens de se reconnaître parmi des luminosités que les normaux jugent présenter des tons différents ?

L'impossibilité dans laquelle nous nous trouvons de donner, à deux éclairages différant par la couleur, des énergies rétiniennes égales ne permet pas de résoudre la question par l'étude de réactions ressortissant du phototropisme ou de la sensibilité différentielle. Mais la considération d'allures déterminées par des combinaisons de sensations, dont feraient éventuellement partie

1. A. Bethe : Dürfen wir den Ameisen und Bienen psychische Qualitäten zuschreiben. *Archiv für d. gesam. Physiologie*, Bd. LXX, 1898.

2. G. Bonnier dit qu'on peut voir, par de belles journées, devant une ruche logeant beaucoup de jeunes individus qui ne sont pas encore allés à la récolte, de nombreuses ouvrières voler la tête tournée vers l'entrée et décrire des cercles plus ou moins grands ; puis, l'exercice terminé, elles rentrent dans la ruche, pour recommencer le lendemain, s'il fait beau temps, cette « parade » ou « soleil d'artifice ». — Une expérience indique qu'il peut se mêler aux débutantes des ouvrières plus âgées qui, au lieu de rentrer, partent en vol droit pour aller à la récolte, après cet exercice qui prendrait de la sorte les allures d'une leçon donnée à des jeunes par des ouvrières plus âgées.

G. Bonnier : Les Abeilles n'exécutent-elles que des mouvements réflexes ? *Année psychologique*, t. XII, 1906.

3. S. Exner : Die Physiologie der facettirten Augen von Krebsen und Insecten, 1891.

4. L. von Dobkiewicz : Beitrag zur Biologie der Honigbiene. *Biologisches Centralblatt*, 1912.

des sensations colorées, peut précisément démontrer l'existence de celles-ci. Les tentatives de ce genre n'ont pas manqué, mais elles prêtent à des critiques sérieuses.

Suivre une Abeille butinant sur des fleurs de diverses variétés d'une même espèce végétale, pour vérifier si elle a des « préférences », et constater avec Darwin (1876), G. Bonnier[1], Bulman (1890), Plateau (1899), par exemple, que l'Insecte visite également les fleurs voisines, quelles que soient leurs teintes respectives, ne peut fournir d'indication sur une distinction éventuelle des couleurs. — Les statistiques faites à la manière de H. Müller (1831), en observant des Abeilles comptées en séries, peuvent, croit-on, s'interpréter comme indiquant que les couleurs des inflorescences leur sont indifférentes, pourvu que ces inflorescences fournissent du nectar ou du pollen. Ce résultat global provient-il d'une cécité pour les couleurs, ou de l'indifférence de chaque individu vis-à-vis de la parure des fleurs exploitées, ou encore de la somme de préférences individuelles multiples qui s'équilibreraient plus ou moins ? — Il n'y a rien à tirer de l'observation d'individus, de passé indéterminé et de formation inconnue, que livre le hasard de la rencontre et que l'on observe butinant à un instant quelconque.

D'autres expériences, souvent rappelées, ont prétendu résoudre la question : celles où des naturalistes comme Lubbock, H. Müller[2], et plus récemment H. Lovell et Dobkiewicz, offrent au choix d'Abeilles des tests différemment colorés, des plaques de verre supportant du miel et recouvrant des rectangles de papiers de couleurs ou des organes végétaux. Mais on ne trouve pas là de preuve que la distinction des tests s'est effectuée d'après leurs colorations et non d'après leurs degrés de clarté.

C. von Hess[3] a repris récemment la question par une autre méthode. On sait que, pour un daltonien complet, qui n'a pas de sensations colorées, la région la plus claire du spectre solaire n'est pas située dans le jaune comme pour un œil normal, mais dans la zone du jaune-vert au vert; la région rouge lui paraît sombre et se trouve raccourcie du côté des rayons les moins réfringents. Von Hess a étudié les réactions d'une série d'animaux par la méthode photokinétique; il arrive à constater, par exemple, que, pour les Poissons, la répartition du pouvoir lumineux dans le spectre est analogue à celle qui caractérise le daltonien complet : il en conclut que les Poissons n'ont pas de sensations colorées. — Les Abeilles ne se sont pas prêtées à des mesures précises, mais les éclairages rouges doivent être très intenses pour les attirer, et, dans un spectre, elles se rassemblent dans la région jaune vert-vert : deux faits qui rapprochent ces animaux leucophiles des daltoniens complets. Von Hess en conclut que les Abeilles, de même que les autres Invertébrés qu'il a étudiés et les Poissons, ne connaissent pas les couleurs.

Je ne crois pas que la méthode employée légitime ces conclusions. Des expériences bien conduites de K. von Frisch[1] conduisent d'ailleurs à des résultats assez différents.

Cet expérimentateur offre au choix d'Abeilles venues d'un rucher voisin des carrés de papiers, tous analogues, dont l'un est de couleur bleue, jaune..., tandis que les autres correspondent à une série de 15 valeurs de gris, allant du blanc au noir. Ces tests sont juxtaposés, en un ensemble quadrangulaire, et dans un ordre arbitraire, sur une table horizontale. Chacun d'entre eux supporte un verre de montre; mais le récipient qui se trouve au milieu du carré de couleur offre aux Abeilles un liquide nourricier sans odeur, de l'eau sucrée. Quand, après un certain temps, les Abeilles ont acquis l'habitude d'y venir puiser; quand elles sont, comme on dit, « dressées » pour ce test, on leur offre une série analogue, où l'ordre des tests a été modifié. — Des expériences multiples, et qui inspirent confiance, montrent que les Abeilles reviennent alors immédiatement au test coloré, qu'il supporte encore, ou non, un récipient, vide d'ailleurs : elles témoignent de la sorte qu'elles reconnaissent le bleu, ou le jaune, parmi des gris de toutes intensités, grâce à un caractère subjectif, conséquemment distinct d'une simple clarté relative. — Les Abeilles distinguent ainsi de tous les gris, l'orangé, le jaune, le jaune-verdâtre, le vert de chlorophylle, le bleu, le violet, le pourpre; mais le rouge pur du spectre et le noir leur paraissent très analogues : ainsi, pour les Abeilles, le spectre visible s'étend moins loin que pour nous, dans la direction des rayons les moins réfrangibles. De plus, le bleu-vert (turquoise) produit le même effet qu'un gris de moyenne valeur : de sorte que le spectre coloré se trouve coupé, à ce niveau, pour les Abeilles, par une bande grise. — En outre, les

1. G. Bonnier : Les Nectaires. *Ann. des Sc. nat.* (*Botanique*), 1879.

2. H. Müller : Versuche über die Farbenliebhaberei der Honigbiene. *Kosmos*, 1882.

3. C. von Hess : Gesichtssinn, in Winterstein. *Handbuch d. vergl. Physiologie.*

1. K. von Frisch : Der Farbensinn und Formensinn der Biene. *Zoologische Jahrbücher* (Allg. Zool. u. Phys.), Bd. XXXV, 1914.

divers tons situés d'un côté ou de l'autre de cette lacune sont souvent confondus et paraissent ne se distinguer que par un caractère d'intensité : les Abeilles dressées pour l'orange ou le vert vont plutôt au jaune, lorsqu'elles ont à choisir entre ces couleurs; elles ne distinguent guère, d'autre part, le bleu du bleu-pourpre et du pourpre. Il semble donc que les Abeilles perçoivent du spectre solaire à peu près ce que distingue un Homme protanope, qui y voit deux couleurs : une teinte « chaude », correspondant probablement au jaune de l'œil normal, et une teinte « froide », correspondant au bleu, séparées par une zone neutre.

Ces résultats extrêmement intéressants concordent avec la plupart des faits observés par les biologistes qui ont étudié les rapports des fleurs et des Insectes. Les fleurs jaunes, qui trancheraient donc peu sur le vert des feuilles, sont peu adaptées aux visites des Abeilles. Les fleurs rouge écarlate (sans mélange de bleu) sont très rares dans notre flore ; elles sont délaissées par les Abeilles et visitées surtout par les Papillons; dans les régions tropicales, elles sont fécondées par les Oiseaux, qui d'ailleurs, d'après von Hess, distinguent bien le rouge et mal le bleu. D'autre part, les dessins indicateurs portés par la corolle sont presque toujours d'une teinte qui tranche sur celle-ci pour un œil protanope.

Le même mémoire rapporte encore des expériences sur la distinction des formes, expériences réalisées d'après une méthode analogue : on cherche à dresser des Abeilles à atteindre de l'eau sucrée, en passant par l'orifice central de figures diverses. L'auteur a pu rapidement entraîner ses sujets à distinguer une forme rappelant la corolle de la gentiane, à quatre pétales cordiformes ; ou celle d'une étoile à branches multiples, rappelant une inflorescence de Composée. On a pu, mais plus difficilement, amener des Abeilles à se comporter différemment vis-à-vis de tests formés respectivement d'un cercle divisé soit en deux moitiés, soit en 4 ou 8 secteurs alternativement bleus ou jaunes. Les Abeilles ont montré qu'elles apprenaient rapidement la différence entre deux cercles colorés par moitiés, en jaune et en bleu, mais où les positions respectives des deux couleurs se trouvaient renversées. Il a été, par contre, impossible de les entraîner au moyen de figures non familières, comme des triangles, des cercles, des carrés, des ellipses, des surfaces à bandes, ou des damiers. Ces dernières expériences, comme on voit, jettent un jour curieux sur les limites de l'éducabilité de ces Insectes.

IV

Nous arrivons de la sorte à comprendre rationnellement les grands traits de la psychologie des Abeilles butinant sur les fleurs.

Considérons une Abeille novice qui, après des vols d'orientation, se met en campagne et va grossir la foule des butineuses. Elle suit probablement tout d'abord des compagnes plus expérimentées qui l'entraînent vers des champs de récolte.

Et là, c'est probablement, non pas l'éclat de corolles encore inconnues, mais plutôt l'odeur du nectar et du pollen, associée depuis la naissance à la satisfaction de sa faim, qui l'incite à s'abattre sur une fleur rencontrée. Et c'est encore, vraisemblablement, l'odorat qui la dirige, pour la première fois, vers les réceptacles de nourriture. La première éducation se ferait donc ainsi grâce à des sensations olfactives.

Puis, la manœuvre effectuée, et répétée chez des fleurs toutes proches, l'habitude tendra à s'établir d'aller, et de retourner les fois suivantes, à des fleurs analogues, par leur couleur, leur forme, et leur parfum aussi, à celle qui fut la révélatrice. Et c'est là, déjà pour les débutantes, une explication de la « constance » constatée chez l'Abeille, qui limite pendant une sortie considérée ses visites aux fleurs d'une même espèce. Il est probable que, plus tard, d'autres sensations que celles d'aspect et de parfum, des sensations musculaires, entre autres, s'ajoutent à celles qui forment les associations plus ou moins complexes déterminant un individu à s'adresser successivement à des fleurs semblables.

On conçoit que l'habitude primordiale ne se conserve que pour autant que les fleurs préférées fournissent du butin à suffisance ; si l'Abeille, pour compléter sa charge, est amenée à visiter d'autres fleurs, l'habitude créée s'atténuera. Elle peut disparaître aussi, être remplacée par une nouvelle, plus de circonstance. Tout indique que les habitudes s'établissent et se perdent chez l'Abeille avec une facilité relativement grande : signe d'un « pouvoir d'assimilation » supérieur chez cet Insecte.

V. Willem,
Professeur à l'Université de Gand.

L'USURE DES CANONS

Parmi les caractéristiques de la guerre actuelle, l'une des plus remarquables est le rôle prépondérant joué par l'approvisionnement en munitions des parties adverses, surtout en ce qui concerne l'Artillerie. L'institution en Angleterre d'un Ministère des munitions est à cet égard particulièrement suggestive. La consommation extraordinaire d'obus qui s'effectue journellement sur le front n'était d'ailleurs soupçonnée par personne, tout au moins quant à son ordre de grandeur. Sans doute, les écrivains militaires les plus réputés, et parmi eux le général Langlois, n'avaient cessé de réclamer une très large dotation d'approvisionnements de munitions de l'artillerie de campagne. L'expérience acquise dès les premiers mois de la lutte a montré combien étaient éloignées de la réalité celles de leurs prévisions qui paraissaient les plus hardies, tout appuyées qu'elles fussent sur les résultats de la guerre de Mandchourie.

Dans ces conditions, le maintien d'un stock suffisant pour assurer la consommation quotidienne constituait un problème industriel d'une importance capitale, qu'il importait de résoudre sans retard. L'histoire dira comment et par quels moyens sa solution a été acquise, au prix de difficultés de toute nature, maintenant heureusement surmontées.

L'accroissement sans précédent de la dépense de munitions a d'ailleurs eu une répercussion immédiate sur les canons dans lesquels elles sont employées. Les bouches à feu s'usent, en effet, plus ou moins rapidement selon leur calibre et les conditions du tir qu'elles effectuent. C'est la modalité de ce phénomène et les causes qui le déterminent que nous nous proposons d'étudier au cours de cet article [1].

I. — CARACTÈRES DE L'USURE

Dans les canons tirant les poudres noires ou prismatiques brunes, l'usure des canons se manifestait presque exclusivement sous forme d'érosions. Nous ne saurions mieux faire que d'en emprunter à M. Vieille la description :

« Ces érosions sont généralement localisées au voisinage de la naissance des rayures et s'étendent aux régions parcourues par le projectile avec une faible vitesse et sous les pressions les plus intenses. Le point de départ de ces érosions paraît être un réseau de fines craquelures qui tapissent la chambre aux environs du tronc de cône de raccordement avec l'âme. La profondeur et la largeur des craquelures parallèles à l'âme du canon vont croissant avec le nombre des coups, et leur réunion forme la nouvelle surface de l'âme, sur laquelle émerge un réseau d'îlots en saillie qui constituent comme les témoins de la surface primitive érodée par les gaz.

« L'origine du réseau des craquelures primitives peut être diversement expliquée : il me paraît qu'elle peut être rapprochée de la cémentation superficielle et de la trempe intense que prennent les surfaces d'acier doux soumises à l'action des gaz carburés provenant de la décomposition des explosifs. Cette action s'observe constamment dans les expériences en vase clos. La mince pellicule aciérée et trempée semble devoir se craqueler facilement, sous l'action des tensions considérables et des flambages auxquels elle est soumise dans les bouches à feu, et cette première phase du phénomène, qui donne un quadrillage régulier, serait tout à fait indépendante des fuites gazeuses, qui n'agiraient que pour en accentuer les éléments parallèles à l'axe.

« Ces fuites paraissent dues au défaut d'obturation de la ceinture, qui ne peut se mouler dans les fines craquelures dont il vient d'être question; les gaz tendent alors à s'écouler par ces interstices, de la chambre à poudre au dehors, avec des vitesses incomparablement plus grandes que celles du projectile. Les craquelures parallèles à l'axe constituent le chemin d'écoulement le plus direct suivi par le gaz et ce sont, en effet, celles qui, d'après l'observation, subissent le plus rapide accroissement...

...« Le phénomène qui vient d'être décrit constitue le phénomène d'érosion normal et constant.

« Sur ce phénomène viennent parfois se greffer des altérations de la paroi très importantes, localisées en certains points et provenant vraisemblablement de quelque défaut présenté à l'origine par la surface de l'âme ou d'une imperfection locale de l'obturation par la ceinture: on voit apparaître en ces points irrégulièrement disposés des érosions profondes pouvant atteindre, par la réitération des tirs, plusieurs millimètres de profondeur. »

Dans les canons de l'artillerie moderne, la production des érosions est un phénomène moins

1. Pour la rédaction de cet article, il a été fait de très larges emprunts à un travail de M. l'Ingénieur général d'Artillerie navale Bourgoin paru récemment dans le *Mémorial d'Artillerie navale*, ainsi qu'au Mémoire de M. Vieille (*Mém. des poudres et salpêtres*, année 1901-1902).

général, bien qu'on observe encore très fréquemment la production du réseau de craquelures décrit par M. Vieille.

Lorsque le canon ne présente pas d'érosions, il ne s'en use pas moins de la façon suivante :

Les parois du cône de raccordement de la chambre à l'âme rayée sont polies comme un miroir. On observe, de plus, un accroissement du diamètre de l'âme qui, très notable à la hauteur de l'emplacement normal des ceintures, va en s'atténuant à mesure qu'on s'éloigne vers la bouche. Généralement cet accroissement disparaît après un parcours du projectile d'environ 15 calibres.

L'usure reparaît ensuite parfois à la bouche, où elle se manifeste uniquement par une diminution de la hauteur des cloisons.

Le phénomène d'usure ainsi caractérisé est absolument général.

L'étude qui en a été faite a permis d'établir les points suivants :

a) L'usure est nulle dans la chambre à poudre.

b) Elle croît avec la température de combustion de la poudre constituant la charge. C'est ainsi que l'action érosive des balistites à 50% de nitroglycérine est très supérieure à celle des poudres à la nitrocellulose pure. La différence diminue d'ailleurs avec le pourcentage de nitroglycérine contenu dans la balistite ou les cordites.

c) Dans un même canon, tirant un projectile de poids déterminé sous une pression donnée, l'usure croît avec le poids de la charge.

d) Si l'on considère plusieurs canons semblables et semblablement chargés, l'usure croît avec le calibre.

e) A l'origine des rayures, l'usure diamétrale sur les cloisons est supérieure à celle relevée au fond des rayures, mais celle-ci est notable lorsque la première l'est.

A la bouche, au contraire, l'usure diamétrale sur le fond des rayures est négligeable par rapport à celle constatée sur les cloisons.

En même temps que le canon s'use, on constate à la surface de l'âme la formation du réseau de fines craquelures dont il a été parlé plus haut, et qui est d'autant plus serré qu'on est plus près de la position du maximum de pression. Simultanément la paroi de l'âme se durcit à tel point qu'elle devient difficilement attaquable à la lime. M. Osmond a montré que ces changements de structure sont dus à la cémentation de l'acier des parois.

Balistiquement, ces phénomènes ont pour conséquence une diminution de la vitesse initiale et de la pression maximum en même temps qu'une augmentation de la dispersion des coups.

D'une manière générale, si on désigne par N le nombre des coups tirés par une bouche à feu depuis sa construction, les conditions du tir restant toujours invariables, la perte de vitesse ΔV due à l'usure pourra être représentée par une formule de la forme ci-après : $\Delta V = a(N - n_1) + b(N - n_1)^2$ où n_1 désigne un nombre entier d'autant plus petit que le calibre est lui-même plus considérable. La valeur de ΔV ainsi obtenue n'est d'ailleurs qu'une valeur moyenne, susceptible d'offrir de grands écarts. Ces diminutions de la vitesse et de la pression vont grandissant avec l'usure de la bouche à feu.

II. — CAUSE DES PHÉNOMÈNES D'ÉROSION

De tout temps on a expliqué les phénomènes érosifs observés dans les bouches à feu par l'action d'un courant gazeux à haute température. La mise hors de service des grains de lumière des canons se chargeant par la bouche étayait d'ailleurs cette opinion d'une preuve des plus démonstratives. On se borna toutefois pendant longtemps à cette explication, d'ailleurs évidente, sans chercher à mettre en lumière l'action particulière des divers facteurs (température, pression, vitesse d'écoulement) qui déterminent la modalité du phénomène en question.

§ 1. — Travaux de Daubrée

Daubrée fut le premier qui ébaucha une étude expérimentale de l'action érosive des gaz à haute température engendrés par la combustion de la poudre et de divers autres explosifs. A cet effet, il faisait brûler ces corps dans une capacité métallique ne communiquant avec l'extérieur que par un canal étroit et il observait les affouillements produits sur les parois du canal en question.

Dans ses Etudes synthétiques de Géologie expérimentale, Daubrée, résumant ses travaux à ce sujet, énonçait les conclusions suivantes :

« Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, la force érosive des gaz croît très rapidement avec leur pression et leur température ; car les gaz de la dynamite, de la nitroglycérine et du fulmicoton produisent des effets beaucoup plus intenses que ceux de la poudre, quoiqu'ils agissent pendant un temps incomparablement plus court.

« Comme on l'a vu, aux phénomènes purement mécaniques s'ajoutent des effets calorifiques et souvent des actions chimiques.

« Les uns et les autres acquièrent une énergie

surprenante lorsque les gaz, au lieu de tourbillonner dans un espace clos de toutes parts, sont violemment projetés dans une direction déterminée, par exemple lorsqu'ils s'échappent par une fissure étroite. C'est ce qu'on a constaté spécialement pour les gaz de la poudre qui, malgré l'infériorité de la tension comparée à celle des gaz de la dynamite, ont cependant, en agissant sur l'acier, instantanément fondu, pulvérisé et sulfuré ce métal. »

Osmond, ayant procédé à l'examen miscroscopique de l'âme d'un canon de 27 très usé, s'attaqua aux conclusions de Daubrée, dans les termes ci-après :

« Les conclusions de M. Daubrée sont fondées sur des faits incontestables ; cependant, comme les conditions expérimentales dans lesquelles les faits ont été observés diffèrent de celles que présente le cas d'un canon, il est possible que, dans ce dernier cas, les phénomènes soient aussi notablement différents.

« L'examen microscopique des coupes polies et attaquées par l'acide azotique met en évidence un point important : la structure de l'acier (qui peut d'ailleurs être considérée comme normale, eu égard aux dimensions de la pièce, pour le canon essayé) n'est pas sensiblement altérée, même à l'extrême bord des cupules ; les érosions sont aussi nettes que si elles eussent été faites par un outil coupant.

« Cette constatation exclut formellement la possibilité (que l'aspect de la surface rendait probable) de déformations par compression et par refoulement ; de pareilles déformations sont, en effet, très faciles à reconnaître au microscope par l'allongement des cellules composées et la schistosité du métal ; en outre, elles donnent lieu, lorsqu'on immerge l'acier dans un acide faible, à une attaque beaucoup plus rapide que celle des parties non déformées ; ce caractère manque également.

« La fusion de la surface de l'acier ne me paraît pas non plus probable. Il me semble difficile d'admettre que les couches superficielles aient pu être portées à 1.500°, sans que les couches immédiatement voisines laissées en place aient atteint 800° au moins. Or, l'action de cette température, suivie d'un refroidissement rapide, s'attesterait par un changement de structure, ce qui n'a pas lieu. Si la fusion s'est produite dans certaines expériences de M. Daubrée, c'est que le fer, très mince, était entouré de toutes parts par les gaz. Mais un fil de platine suffisamment fin fond dans la flamme d'une lampe modérateur, tandis qu'une barre d'acier un peu grosse, portée dans la flamme d'un four Siemens, y reste noire pendant un certain temps. Si haute que soit la température développée par l'explosion de la poudre, la durée du contact me paraît trop faible et la conductibilité de l'acier trop grande pour qu'il y ait fusion, même superficielle. Il n'en est évidemment plus de même pour les particules impalpables arrachées mécaniquement. Celles-là fondent certainement, étant donnés leur faible masse et leur isolement au milieu des gaz ; mais elles ne doivent fondre qu'après avoir été arrachées...

... « Je conclus que l'usure des canons est due essentiellement à une érosion mécanique, par les gaz animés d'une vitesse énorme et chargés de particules solides, ces gaz agissant comme un outil coupant : c'est l'action bien connue d'un jet d'air chargé de sable sur une roche. »

§ 2. — Travaux de M. Vieille

Il était réservé à M. Vieille de faire le premier une étude systématique du pouvoir érosif et de montrer l'importance prépondérante de la température des gaz. Dans un mémoire, aujourd'hui classique, intitulé : Etude sur les phénomènes d'érosion produits par les explosifs, il a déterminé expérimentalement l'influence des divers facteurs du phénomène en question ; les nombreuses recherches sur le même sujet faites depuis lors à l'étranger ont d'ailleurs pleinement confirmé les résultats de M. Vieille.

Le principe suivant lequel est conçu l'appareil utilisé par ce savant est analogue à celui mis en œuvre par Daubrée.

Il consiste essentiellement en une chambre en acier fermée par un bouchon en acier muni d'un trou axial.

On brûle une charge de poudre dans la chambre en acier ; les gaz s'échappant par le trou axial du bouchon en érodent les parois. La perte de poids subie par le bouchon définit l'usure de celui-ci.

Un manomètre à écrasement, dont la tige débouche dans la paroi de la chambre opposée à celle portant le bouchon, permet de mesurer les pressions développées dans la chambre. Avec cet appareil, M. Vieille a étudié avec soin les modalités des phénomènes d'usure provoqués par l'écoulement à travers un orifice étroit d'un courant gazeux à haute température. Cette étude lui a permis de mettre en évidence les faits suivants :

a) Toutes choses égales d'ailleurs, les érosions produites sont d'autant plus grandes que le diamètre du canal de fuite est plus faible.

b) Toutes choses égales d'ailleurs, les érosions croissent avec la longueur du canal de fuite.

c) Toutes choses égales d'ailleurs (pression maxima, densité de chargement), le rendement érosif par gramme d'explosif diminue lorsque la charge explosive comburée augmente.

d) Le métal du bouchon, le canal de fuite et la nature de l'explosif étant les mêmes, l'érosion produite par une même masse gazeuse croît avec la pression, mais en tendant vers une limite dont on est déjà voisin pour des pressions de l'ordre de 2.000 kilogrammes par centimètre carré.

Le métal du bouchon, le canal de fuite et la nature de l'explosif restant les mêmes, si l'on fait croître la pression par augmentation du poids de la charge en capacité constante, le rendement érosif par gramme de charge reste constant.

Cette influence de la pression s'interprète aisément en admettant que, dans les mêmes circonstances que ci-dessus, l'érosion est proportionnelle à la densité du fluide qui s'écoule.

e) Toutes choses égales d'ailleurs, et à la condition que la fuite initiale n'altère pas d'une façon sensible la valeur de la pression maxima normale en vase clos, correspondant à la densité de chargement réalisée, l'érosion est indépendante, dans de larges limites, du mode de combustion de l'explosif expérimenté.

1. *Influence du métal du bouchon.* — Le tableau ci-dessous montre que, toutes choses égales d'ailleurs, les érosions des métaux croissent très sensiblement dans l'ordre inverse de leurs températures de fusion, exception faite pour l'aluminium, dont l'érosion est anormalement élevée par rapport à celle du zinc, étant donnée sa température de fusion de 625° alors que celle du zinc n'est que de 412°.

NATURE DU MÉTAL	POIDS spécifique	ÉROSIONS en m/m³	TEMPÉRATURE DE FUSION (degrés centigrades)
Platine pur.....	21,5	59,1	1.800°
Cuivre rouge très pur (pour crushers)	8,9	99,4	1.054°
Argent pur.....	10,53	230,8	954°
Zinc.....	7,15	1.017,9	412°
Aluminium.....	2,60	2.239,0	625°
Fer pur.....	7,8	68,2	1.600°
Bronze[1].....	8,5	278,8	

2. *Influence de la poudre.* — Dans un même appareil et à charge égale, les effets érosifs des diverses poudres colloïdales croissent en même temps que leur température de combustion.

Le tableau ci-après donne, d'après M. Vieille, les résultats fournis par les poudres et certains explosifs usuels :

NATURE DE LA POUDRE	TEMPÉRATURE DE COMBUSTION de l'explosif	ÉROSION par gr. de poudre en m/m³	ÉROSION TOTALE en m/m³	PRESSION en kilog. par cm²	POIDS de la charge
Poudre T au coton poudre pure.....	3*55	2.588	23.1	6.5	2.676*
Poudre BF.....	3 52	2.237	22.5	6.4	d°
Cordite mark I.	3 55	2.500	64.2	18.1	3.384*
Dynamite gommée.	3 35	2.453	105,0	31.4	3.545*
Nitroguanidine.	3 90	2.019	8.8	2.3	907*

Ces faits acquis, il nous reste à montrer comment l'usure des bouches à feu provient d'un phénomène d'écoulement gazeux. Le projectile étant muni d'une ceinture en cuivre se moulant exactement sur les parois de l'âme à l'instant de son forcement, il semble qu'un tel écoulement soit impossible. En réalité, il n'en est rien, et la ceinture, quoique dite obturatrice, n'obture pas, son seul rôle se bornant à assurer le mouvement de rotation du projectile.

Considérons, en effet, un projectile à sa position de chargement dans la chambre du canon. Soit *mn* sa ceinture (fig. 1). La charge étant

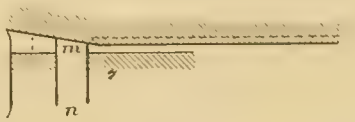


Fig. 1.

allumée, sous l'influence de la pression des gaz engendrés par sa combustion, le projectile va se déplacer vers l'avant. Tant que la ceinture se trouvera dans la région conique de la chambre, l'appui sur les parois de celle-ci s'effectuera sur la totalité de la périphérie de la ceinture. Dès que cette dernière, ayant franchi cette partie de l'âme, se trouvera dans la région cylindrique de celle-ci, il en sera tout autrement. La ceinture ne peut, en effet, augmenter de diamètre ; or, celui de l'âme rayée, à l'aplomb de la ceinture, va constamment en croissant, par suite de la déformation élastique de la bouche à feu, jusqu'au moment où le maximum de pression sur le culot est atteint.

Il en résulte qu'un jeu prend naissance entre la ceinture et les parois de la bouche à feu, jeu dont la grandeur varie dans le même sens que la pression dans l'âme.

1. L'érosion relativement considérable du bronze donne tout lieu de croire que l'artillerie de campagne autrichienne, dont les pièces sont constituées avec ce métal, doit être actuellement dans un état d'usure très avancé.

Ce jeu est d'ailleurs loin d'être négligeable, puisqu'il est de l'ordre de 3/10 de mm. dans un canon de 305 mm. lorsque la pression intérieure devient égale à 3.000 kilogrammes par cm².

En vertu de son poids, le projectile tend à rester en contact avec la génératrice inférieure de l'âme, de telle sorte que le jeu diamétral considéré s'observera surtout à la partie supérieure de l'âme. C'est donc dans cette région que l'on constatera principalement les effets d'usure dus à l'existence d'un courant gazeux, passant par l'orifice annulaire créé ainsi qu'il vient d'être dit.

L'application de la formule bien connue de Zeuner, à ce phénomène d'écoulement, montre que sa vitesse est à peu près constante et de l'ordre de 4.000 mètres par seconde.

La photographie instantanée du coup de canon a, d'ailleurs, apporté une vérification expérimentale à ces vues, en montrant l'existence d'un courant gazeux de l'âme vers l'atmosphère, antérieurement à la sortie du projectile.

L'existence d'une veine annulaire gazeuse s'écoulant à grande vitesse entre la ceinture du projectile et l'âme étant ainsi mise en évidence, il est aisé d'en déduire les conséquences au point de vue qui nous occupe.

3. *Influence de la vitesse du projectile.* — L'influence de la vitesse du projectile sur la grandeur des effets d'usure produits par l'écoulement gazeux annulaire qui s'effectue autour de sa ceinture est, en outre, capitale.

Considérons, en effet, le projectile à un instant quelconque de son trajet dans l'âme, et soit

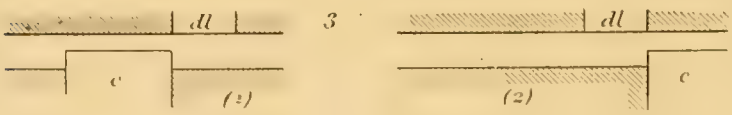


Fig. 2.

dl un élément superficiel de celle-ci (fig. 2). Le contact de cet élément avec la veine d'écoulement commencera dès que la ceinture *c* du projectile et cet élément seront dans la position (1) pour se terminer dans une position voisine de (2).

Il résulte de ce fait que la durée du contact de l'élément *q* superficiel considéré avec la veine gazeuse (et par suite celle du phénomène producteur de l'érosion) est d'autant plus grande que la vitesse du projectile est plus faible.

On déduit immédiatement de là que l'alourdissement du projectile d'une bouche à feu donnée, tirant sous une pression maxima déterminée une poudre de même nature chimique, devra se traduire par un accroissement de l'usure de la bouche à feu.

La vitesse du projectile influe d'ailleurs encore d'une autre manière sur l'usure de l'âme en modifiant la température de la masse gazeuse. Pour étudier cette influence, nous assimilerons le projectile au cas d'un piston se déplaçant dans un cylindre (fig. 3) sous l'action de la détente adiabatique d'une masse gazeuse qui y est enfermée. Nous supposerons, en outre, cette dernière constituée par un gaz parfait.

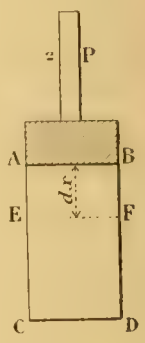


Fig. 3.

Il résulte tout d'abord du principe de la conservation de l'énergie que la variation de force vive du piston et de la masse gazeuse, dans un intervalle de temps *dt*, est équivalente à la variation totale correspondante de l'énergie interne du gaz. Il est aisé de montrer que cette variation d'énergie interne n'intéresse qu'une fraction de la masse gazeuse assujettie à la détente. Soit, en effet, *dx* l'espace parcouru par le piston P pendant le temps *dt*. Ce déplacement *dx* engendrera une onde de dépression, qui se propagera de A vers C, avec une vitesse *a*, égale à celle du son dans le milieu considéré.

Si $\left(\frac{dx}{dt}\right)$ est négligeable devant *a*, la masse gazeuse perturbée par la propagation de l'onde sera la totalité de celle occupant le volume ABCD.

Dans le cas contraire, l'onde dilatée ayant pris naissance à l'origine du déplacement considéré sera seulement parvenue en EF à la fin du temps *dt* et l'accroissement de l'énergie cinétique du système, pendant le même temps, sera équivalent à la diminution de l'énergie interne de la seule masse gazeuse occupant le volume ABEF; ce dernier volume sera donc d'autant plus petit que le rapport $a/(dx/dt)$ sera lui-même plus petit.

En appliquant à l'étude de cette question les formules classiques d'Hugoniot, on trouve que, dans le cas où la charge est constituée par de la poudre B, à l'instant du maximum de pression, la chute de température de la tranche gazeuse en contact avec le culot du projectile est de l'ordre de 400°, c'est-à-dire très supérieure à la chute *moyenne* de température de la masse gazeuse totale.

Ainsi donc la vitesse du projectile agit à la fois et sur la durée d'action de la veine gazeuse

annulaire qui s'écoule autour de la ceinture du projectile et sur l'intensité de l'effet d'usure produit par le frottement de cette veine sur les parois du canon.

4. *Influence de la pression.* — Nous avons vu qu'à partir d'une certaine valeur de la pression, la grandeur de celle-ci était sans influence notable sur la grandeur de la vitesse d'écoulement et sur la densité du fluide gazeux. Cette même influence s'exerce, par contre, sur la température de combustion et sur la grandeur de la quantité de chaleur dégagée. Il résulte, en effet, des travaux de Sir A. Noble que ces deux dernières caractéristiques croissent en même temps que la pression pour la plupart des poudres colloïdales.

C'est ainsi que la température de combustion de la poudre B passe de 2.144° absolus à 2.636° absolus lorsque la pression sous laquelle s'effectue cette combustion croît de 472 à 7.369 kilogs par cm².

5. *Influence du calibre.* — Il nous reste maintenant à examiner l'influence du calibre sur la production de l'usure, en admettant toujours que la grandeur de celle-ci dépende :

1° De la quantité de chaleur absorbée par l'unité de surface des parois pendant l'unité de temps ;

2° De la durée du contact de cette même unité de surface avec la veine gazeuse qui la chauffe et la décape.

Soient alors deux bouches à feu semblables et semblablement chargées ; appelons λ leur rapport de similitude. Dans l'hypothèse où nous nous plaçons, les durées de contact d'un même élément superficiel (pris dans chacun des deux canons) avec la veine d'écoulement seront entre elles dans le rapport $\lambda/1$.

D'autre part, les sections des veines dans les deux canons seront entre elles comme $\lambda^2/1$ et leurs circonférences comme $\lambda/1$.

Si l'on admet que la chaleur totale absorbée par l'unité de surface de la paroi n'est fonction que de la surface de la veine, l'usure grandira seulement comme la durée de contact, c'est-à-dire comme le calibre. Dans l'hypothèse où la chaleur absorbée dépendrait de la section de la veine, l'usure croîtrait alors comme le carré du calibre. Il est vraisemblable que, ces deux hypothèses encadrant la réalité, l'usure croît comme une puissance du calibre comprise entre 1 et 2. Une formule empiriqne employée par l'Amirauté anglaise relativement à la durée des canons et qui est donnée plus loin est d'accord avec cette déduction, puisque le nombre de coups pouvant être tirés par une pièce avant sa mise hors de service est proportionnel à $\frac{1}{d(d-2)}$, d désignant le calibre.

Il résulte de l'exposé précédent que l'érosion des parois d'un canal de fuite croît comme le flux thermique qui vient en contact avec ces mêmes parois.

Or, Δ désignant le poids spécifique du gaz qui s'écoule à travers le canal, q la quantité de chaleur contenue dans l'unité de poids de ce fluide, U sa vitesse d'écoulement, t la durée de celui-ci, la quantité de chaleur en question sera exprimée par une fonction croissante du produit $\Delta.q.U.t$.

Dans une bouche à feu, t est inversement proportionnel à la vitesse V du projectile à un instant quelconque, de telle sorte que, dans ce cas, l'usure exprimée par la quantité de métal enlevée au rayon est représentée par une fonction croissante de la quantité :

$$\frac{\Delta.q.U.}{V.}$$

Comme d'ailleurs la vitesse U dépend de la température absolue du gaz contenu dans le réservoir d'écoulement et est dans une large mesure indépendante de la pression, on conclut de là :

1° Que, toutes choses égales d'ailleurs, l'usure croît plus vite que la quantité de chaleur (assez improprement appelée potentiel) libérée par la combustion d'un kilog de la poudre considérée ;

2° Qu'en employant toujours la même poudre et le même métal à canon, l'usure variera dans le même sens que le rapport Δ/V.

Etant donné qu'à partir d'une valeur peu élevée de la pression et assez voisine de celle qui assure le forcement du projectile, le poids spécifique Δ croît d'une manière relativement lente, il en résulte que c'est surtout la grandeur de la vitesse du projectile qui constituera le facteur déterminant de l'usure.

C'est ainsi que, si l'on fait croître le poids du projectile sans toucher aux autres conditions de chargement, on aggravera l'usure, puisque V décroîtra, par comparaison, en un point quelconque de l'âme.

Il en sera encore de même si l'on tire, dans un canon de calibre déterminé et sous une même pression maxima, des projectiles de poids égaux avec des charges de poids différent. La charge de poids minimum, étant plus vive, donnera lieu à un développement de la pression (et par conséquent de la vitesse) plus rapide que celui correspondant aux charges de poids plus élevé.

Dans les conditions où nous nous sommes placés, *l'usure croîtra donc avec le poids des charges.*

Il en sera *a fortiori* de même lorsqu'on conservera les conditions précédentes en diminuant la valeur du maximum de pre sion. C'est ainsi qu'anciennement on admettait en France que, dans les tirs à charge d'exercice, effectués avec des charges de poids réduit, 5 coups de cette espèce équivalaient à 1 coup à charge de combat.

Actuellement, en Angleterre, on admet la règle d'équivalence suivante : 1 coup à charge de combat équivaut à 4 coups à trois quarts de charge et 16 coups à demi-charge.

D'une manière générale, l'Amirauté anglaise a condensé l'influence des divers facteurs de l'usure dans la formule semi-empirique ci-après, qui a été établie en admettant que l'usure était proportionnelle à la quantité de chaleur en contact avec les parois à l'instant du maximum de pression :

$$L = \frac{2.5 \times 10^7}{v^2 d(d-2)} P_{1,7}.$$

Dans cette formule :

L désigne le nombre total de coups que peut tirer le canon à charge de combat ;

P la pression maxima en tonnes anglaises de 1016 kilogrammes par pouce carré (6 cm², 454) ;

v la vitesse initiale (en milliers de pieds anglais par seconde), V_0 étant la vitesse initiale en mètres : $v = \left(\frac{V_0}{3048}\right)$;

d le calibre (en pouces anglais de 25 millim. 4).

Il est fait application de cette formule pour évaluer la date à laquelle, en temps de paix, le canon doit être réparé par remplacement de son tube intérieur.

CALIBRES	VITESSES INITIALES ET PRESSIONS MAXIMA		
	914m par seconde 3.000 k. par c/m	836m2 par seconde 2.835 k. par c/m²	762m par seconde 2.670 k. par c/m²
343	120	155	210
305	155	200	270
231	280	365	490
186	450	590	785
152	775	1.010	1.350

Les durées de service véritables doivent être en réalité majorées de 30-40 % par rapport aux chiffres inscrits dans le tableau ci-dessus et calculés d'après la formule précédente.

L'usage de la formule précédente paraît toutefois supposer implicitement que les canons auxquels on l'applique sont semblables.

Lorsqu'il n'en sera pas ainsi, il conviendra de remplacer la vitesse initiale réelle par une vitesse initiale fictive correspondant au canon réel allongé à 45 calibres (longueur des canons auxquels s'applique la formule anglaise).

En appliquant la formule ainsi corrigée aux canons de 75 de notre artillerie de campagne, on trouve que le canon devrait être remplacé après plus de 10.000 coups.

Il convient toutefois de remarquer que cette indication n'a rien d'absolu, étant donnée la variété des manifestations de l'usure d'une bouche à feu. Elle constitue seulement une moyenne pouvant servir de base à des prévisions sur la durée du matériel. Dans la pratique, on pourra observer de grands écarts suivant qu'un canon s'use ou non avec production d'érosions.

6. *Usure des cloisons.* — Il reste à expliquer le fait de l'usure relativement rapide des cloisons par rapport à celle du fond des rayures. Considérons une section droite de la bouche à feu intéressant également le projectile pendant son mouvement de translation. Par suite de la dilatation diamètrale du canon et de l'appui exclusif de la ceinture sur un seul flanc des rayures, la section sera telle que celle représentée ci-dessous (fig. 4).

Fig. 4.

Le flux calorifique provenant de la veine gazeuse et entrant dans le métal est en chaque point normal à la surface de ce dernier. Cela étant, il est visible que la masse de métal intéressée par ce flux à un instant quelconque est, toutes choses égales d'ailleurs, beaucoup plus grande dans le fond de la rayure que sur le sommet de la cloison correspondante. Cette dernière région doit donc s'échauffer davantage et s'user par suite plus rapidement que le fond des rayures.

Il suit de là que l'augmentation du rayon *oa* de l'arrondi des rayures pourrait être un moyen d'atténuer l'usure des cloisons vers l'origine des rayures.

III. — Conclusion.

Il résulte de ce que nous venons de dire que l'usure des bouches à feu est due à l'écoulement gazeux à grande vitesse qui s'effectue par le jeu annulaire existant entre la ceinture du projectile et l'âme. Ce jeu, d'importance variable, est dû à la dilatation élastique de la bouche à feu provoquée par les pressions qui se développent à son intérieur.

L'usure est sous la dépendance directe du flux thermique qui pénètre dans les parois de l'âme, pendant le temps très court où la ceinture du projectile se trouve en regard direct de cette paroi.

Au point de vue balistique, le phénomène étudié se manifeste par une décroissance des vitesses initiales et une augmentation des écarts moyens.

Il importe donc de prévoir dès le temps de paix la création d'un stock de canons ou d'éléments de canons (tubes), de manière à pourvoir au remplacement rapide de ceux usés par le tir, au cours d'une longue guerre.

En ce qui concerne la manière dont le remplacement des canons usés doit s'effectuer, on doit avoir égard au fait qu'un canon usé a, toutes choses égales d'ailleurs, un tir plus court qu'un canon neuf. Le remplacement des bouches à feu usées doit donc s'effectuer simultanément dans une même unité tactique (batterie ou mieux groupe).

Commandant A. R.

LE ROLE DE LA PRESSION DANS LES PHÉNOMÈNES CHIMIQUES

I. — Généralités [1]

Les phénomènes chimiques, qui se manifestent dans la Nature ou que le savant étudie au laboratoire, dépendent en général des conditions de température et de pression. Pendant longtemps, le chimiste, qui s'était borné à étudier ces phénomènes à la température ordinaire, s'est efforcé surtout de connaître ce qu'ils deviennent dans tout l'intervalle de températures dont il pouvait disposer. Chaque extension de cet intervalle, due à de nouveaux perfectionnements, a amené une ample moisson de découvertes.

Ces recherches ont été si fécondes en résultats qu'elles ont fait négliger pendant longtemps l'étude de l'autre facteur, la pression. Et pourtant il y avait également lieu de se demander quelles influences exercent des variations de pression sur tous les phénomènes chimiques, observés d'habitude à la pression ordinaire ; en particulier, de fortes élévations de pression n'étaient-elles pas de nature à faire apparaître des phénomènes nouveaux ?

Il est vrai de dire qu'au point de vue expérimental, ces travaux sont incontestablement plus difficiles que ceux relatifs à l'action de la température. Sans doute, le chimiste a-t-il souvent hésité à s'engager dans ce nouveau domaine à cause des appareils compliqués et coûteux que de telles recherches nécessitent.

Grâce aux progrès de la technique expérimentale, ce champ d'investigations est devenu plus accessible et, de fait, en ces dernières années, les recherches mettant en action les pressions élevées ont été de plus en plus nombreuses. A l'origine de ces progrès, il convient de placer le regretté Amagat, dont les admirables travaux sur la compressibilité des gaz et des liquides, étudiée jusqu'à 3.000 atm., sont devenus classiques.

Sans vouloir entrer dans les détails concernant cette technique, ce qui sortirait du cadre de cet article, disons cependant que les perfectionnements réalisés ont porté sur l'obtention de pressions de plus en plus élevées et surtout sur le maintien de ces pressions suffisamment longtemps. Ce dernier point est capital, car souvent, pour se manifester ou pour permettre les mesures, l'action de la pression doit s'exercer pendant une certaine durée. Ces conditions ont pu être réalisées grâce à une étanchéité parfaite des appareils, obtenue par l'emploi de joints hermétiques, notamment de joints coniques, ou encore à l'aide de dispositifs rétablissant automatiquement la pression à sa valeur primitive, si le phénomène étudié est accompagné d'une contraction. La résistance exceptionnelle des aciers que l'on arrive à préparer maintenant est aussi, pour une grande part, dans le succès de ces travaux.

On se fera une idée des progrès accomplis dans la technique de laboratoire des hautes pressions par les recherches de Bridgman, que nous signalons ici bien qu'elles aient un caractère plutôt

1. Quelques-unes des considérations développées dans cet article ont été déjà exposées dans d'autres recueils, à propos de recherches expérimentales effectuées par l'auteur et ses collaborateurs.

physique. Cet expérimentateur a opéré jusqu'à des pressions de 20.000 atm.; il a ainsi pu déceler l'existence de 5 variétés de glace, stables à ces pressions élevées [1].

Il est à remarquer, cependant, que des compressions aussi fortes ne peuvent guère être mises en œuvre que pour l'étude de systèmes condensés, liquides ou solides. La compression et le maintien à l'état comprimé de systèmes comportant une phase gazeuse rencontreraient de sérieuses difficultés. Sans parler des risques de fuites, il faut compter encore avec la forte réduction de volume subie par ces systèmes, réduction qui provient de la grande compressibilité des gaz. Ainsi, en supposant applicable la loi de Boyle-Mariotte, un volume de 10.000 cm^3 au départ serait réduit à 1 cm^3 par une compression à 10.000 atm. Une pareille compressibilité introduit un élément de complication dans la construction des appareils, qui doivent alors être combinés en conséquence.

Pour la compression et le maintien sous pression de systèmes gazeux pendant une durée aussi prolongée qu'on le désire et sans danger de fuite, nous mentionnerons ici un procédé qui nous a rendu de grands services dans nos recherches et qui est à la portée de tous les expérimentateurs disposant d'air liquide ou d'autres moyens réfrigérants énergiques. Il consiste à condenser les gaz constituants du système dans un tube de verre à parois épaisses, immergé dans le réfrigérant (air liquide ou autre). Lorsque la quantité condensée est suffisante, on ferme le tube soigneusement au chalumeau et on le laisse revenir à la température ordinaire; si celle-ci est supérieure au point critique du mélange, la pression dans le tube sera d'autant plus élevée que le remplissage sera plus complet. Il est clair que, par cet artifice, on obtiendra des pressions très élevées; ainsi, en fermant de cette façon un tube à peu près complètement rempli d'air liquide, on réalisera, après réchauffement, des pressions qui ne seront pas éloignées de 1.000 atmosphères.

La plupart des gaz sont condensables à la température de l'air liquide; pour ceux dont le point d'ébullition à la pression atmosphérique est situé plus bas (oxyde de carbone, par exemple), on aura recours à l'hydrogène liquide ou à l'air liquide bouillant sous pression réduite. Cette dernière condition peut être réalisée d'une façon commode, comme l'a montré G. Claude, en faisant barboter de l'hydrogène dans l'air liquide. Pour l'hydrogène ou l'hélium, qui sont les gaz les plus difficilement liquéfiables, ce procédé n'est naturellement pas utilisable. En revanche, il permet de soumettre aussi à des pressions élevées des systèmes gazeux qui, à la température ordinaire, sont constitués par des gaz liquéfiés ou des liquides; il suffira pour cela de porter le tube au-dessus du point critique du système qu'il contient. Il importe naturellement, dans ces essais, de s'entourer de toutes les précautions nécessaires, car les tubes font fréquemment explosion.

Ajoutons quelques mots ici sur les procédés utilisés pour la mesure des pressions très élevées. Les manomètres à gaz comprimés, qui présentent le plus d'exactitude et conviennent spécialement aux recherches physiques de précision, ne peuvent guère être employés qu'aux pressions inférieures à 400-500 atm. Pour les pressions supérieures, Amagat s'est servi d'un manomètre à pistons libres et liquide visqueux, dont le principe est dû à Gally-Cazalat et qui lui a permis d'atteindre les pressions de l'ordre de 3.000 atm. Bridgman, en perfectionnant encore cet instrument, a réussi à l'utiliser jusqu'à des pressions de près de 13.000 atm. Les manomètres du type de Bourdon fournissent des indications moins précises, mais cependant suffisantes pour la plupart des recherches physico-chimiques; ils ont permis de mesurer des pressions allant jusqu'à 4.500 atmosphères.

Pour les pressions supérieures, on a fait appel aux variations subies par certaines propriétés physiques lorsque la pression s'élève. Plusieurs expérimentateurs, entre autres Lafay, Biron, Bridgman, ont proposé et appliqué plusieurs types d'appareils basés sur la variation de la résistance électrique de divers métaux ou alliages. Bridgman a, en particulier, utilisé avec succès un fil de manganine, alliage dont la résistance varie, à peu de chose près, proportionnellement à l'accroissement de la pression.

Ces quelques brèves indications montrent le rôle important joué par l'appareillage dans les recherches effectuées aux pressions élevées. Ce qui, à notre avis, contribuera à donner de nouvelles impulsions à ces recherches, malgré leurs difficultés, ce sont les nombreuses applications industrielles dont elles sont susceptibles. Là, les obstacles techniques à vaincre sont autrement plus sérieux qu'au laboratoire, et des résultats pratiques ne peuvent guère être obtenus que par une étroite collaboration entre les chimistes et physiciens et des ingénieurs spécialistes. En retour, les chercheurs de laboratoire seront certainement appelés à bénéficier de l'expérience acquise dans ces efforts. Pour ne citer qu'un

1. M. Carvallo a donné dans cette *Revue* (1913, p. 7) un aperçu de ces belles recherches, que M. Bridgman poursuit activement dans le Laboratoire de l'Université de Harvard.

exemple de ces applications, où de nombreuses difficultés techniques ont dû être surmontées, et qui est de haute actualité maintenant, mentionnons le procédé Haber et Le Rossignol pour la fixation de l'azote à l'état d'ammoniaque[1]. Dans ce procédé, le mélange azote et hydrogène circule à une pression voisine de 200 atm. et une température de 550° environ sur des masses catalytiques, et l'ammoniaque formée est extraite sous forme liquéfiée. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de revenir sur cette réaction.

II. — Considérations théoriques

En examinant les phénomènes chimiques que provoquent les variations de pression, on est amené à distinguer très nettement l'action de la pression sur les systèmes en équilibre de celle exercée sur les systèmes éloignés de leur état de stabilité maximum.

En tant que facteur de l'équilibre, le rôle de la pression a été clairement défini, et il peut être prévu qualitativement par la règle suivante : « La compression d'un système favorise la réaction qui est accompagnée d'une diminution de volume. » Cette règle n'est d'ailleurs qu'un cas particulier de la loi générale régissant les déplacements de l'équilibre, et formulée comme suit par Le Chatelier : « Toute variation d'un facteur de l'équilibre amène une transformation du système qui tend à faire éprouver au facteur considéré une variation de signe contraire à celle qu'on lui a communiquée. » Quantitativement, l'évaluation de cette action sera basée sur l'application des principes de la Thermodynamique, qui conduira aux relations cherchées.

S'il s'agit de systèmes éloignés de leur état d'équilibre, le rôle de la pression sera moins facile à prévoir, car on ne peut appliquer ici les principes de la Thermodynamique. La loi d'action des masses fait bien entrevoir un accroissement de la vitesse de réaction, dû à l'élévation de la concentration des constituants par la compression, mais elle est incapable de nous renseigner complétement sur les états par lesquels passeront les systèmes comprimés, sur l'ordre de grandeur des pressions à faire intervenir, en un mot sur les caractères spéciaux de l'évolution du système.

Soit, par exemple, un système comportant un seul constituant et éloigné de son état d'équilibre, tel que le gaz NO. Désignant par c la concentration, par n le nombre de molécules qui réagissent entre elles (soit l'ordre de la réaction), par v la vitesse de réaction (soit la quantité de substance transformée par unité de temps) et par K une constante, nous pourrons écrire, en vertu de la loi des masses :

$$v = Kc^n,$$

et, comme la concentration est proportionnelle à la pression p, nous aurons, en désignant par K_1 une autre constante :

$$v = K_1 p^n.$$

Cette expression nous montre seulement que la vitesse augmentera avec la pression.

A la température ordinaire, NO est celui de tous les oxydes d'azote qui est le plus éloigné de l'équilibre le plus stable. Jusqu'à quel point résistera-t-il à l'action de la pression ? Quelle voie suivra-t-il pour atteindre l'état de stabilité maximum ? L'expérience seule pourra l'indiquer.

Il y a lieu de remarquer ici que la compression ne peut être remplacée par une élévation de la température, bien que ces actions tendent, toutes deux, à accélérer les réactions chimiques. Par l'élévation de température seule, l'état d'équilibre final et l'état intermédiaire seront, en effet, différents de ceux qui se trouveront réalisés par une compresison à basse température. Pour prendre le même exemple, portons la température à 700° environ ; NO se décomposera totalement en ses éléments et, après retour à la température ordinaire, nous nous trouverons en présence du mélange $N^2 + O^2$. En élevant, par contre, la pression à la température ordinaire, comme nous l'avons fait, nous engendrerons un système constitué par un mélange d'azote, d'oxyde d'azote et d'oxydes supérieurs d'azote ; nous obtenons donc ainsi un système fortement condensé et beaucoup plus complexe.

Au point de vue de l'efficacité de l'action de la pression, une remarque générale découle tout naturellement des considérations qui viennent d'être développées. Les variations de volume, c'est-à-dire de concentration, des constituants d'un système étant des facteurs tant de l'équilibre que de la vitesse de réaction, il était à prévoir que la compression se montrerait la plus active dans les systèmes comportant des gaz ; ces derniers sont, en effet, autrement plus compressibles que les liquides ou les solides. D'ailleurs, la conception du rapprochement des molécules réagissantes, opéré par la compression, permet facilement de se rendre compte de cette conséquence.

Si l'étude des systèmes avec phase gazeuse est susceptible de fournir plus facilement des résultats, l'intérêt qui s'attache aux systèmes condensés n'en est pas moins grand. Les réactions qui interviennent dans la croûte et le noyau

1. A. Brochet a fourni quelques données sur ce procédé dans l'article : La fixation de l'azote atmosphérique. *Rev. gén. des Sc.*, 1911, p. 865.

terrestres, dont la connaissance est si importante au point de vue géologique et pétrogénétique, ne s'effectuent-elles pas toutes sous pression? Les recherches dans ce domaine présentent malheureusement l'inconvénient d'exiger des compressions énormes, qu'il devient très difficile de réaliser au laboratoire.

Les considérations précédentes nous conduisent ainsi à classer à part les études portant sur les variations de l'équilibre et celles dans lesquelles les expérimentateurs ont eu plus spécialement en vue les variations de la vitesse de réaction. Ces études sont déjà fort nombreuses et, pour ne pas donner trop d'étendue à cet article, nous nous bornerons à citer un certain nombre d'exemples, choisis parmi les plus caractéristiques, en laissant de côté les recherches, de nature plutôt physique, ayant trait à l'influence de la pression sur la densité, la solubilité, la stabilité de diverses variétés allotropiques, etc.

III. — Action sur l'équilibre

Parmi les phénomènes rentrant dans cette catégorie, citons la formation reversible de combinaisons solides ou liquides à partir de produits gazeux; celles-ci ne prendront naissance et ne pourront être étudiées que si la pression est supérieure à leurs tensions de dissociation.

Par exemple, le chlorure de phosphonium, découvert par Ogier[1], est un solide blanc qui, aux températures de 0° et 11°, n'est stable que sous des pressions supérieures respectivement à 8 et 15 atm.[2]; aux pressions inférieures, il se dissocie en acide chlorhydrique et hydrogène phosphoré. Tel est aussi un liquide composé d'anhydride sulfureux et d'oxyde de méthyle, qui se forme par compression de ces deux gaz[3].

On peut rapprocher de ces réactions la production du superoxyde de calcium CaO^2, qui ne réussit bien, à partir de l'oxyde et de l'oxygène, qu'à des pressions et des températures suffisamment élevées: la tension de dissociation de ce corps atteint, en effet, une centaine d'atmosphères à 200°[4].

Dans un autre domaine, la compression de l'oxyde d'azote NO sur l'acide nitrique nous a permis[5] d'élucider les conditions, très complexes, qui président à la formation des acides nitreux et nitrique à partir des divers oxydes d'azote et de l'eau. Une telle compression fait rétrograder l'équilibre du système dans le sens de la formation de l'acide nitreux; ce dernier fournit à son tour de l'anhydride nitreux N^2O^3, et finalement, si l'on pousse la pression à 10 atm., il se produit une deuxième phase liquide d'un bleu très foncé, constituée par de l'anhydride N^2O^3, lequel peut ainsi subsister à l'état d'équilibre en présence d'une phase aqueuse. Dans ce même ordre d'idées, on est arrivé à préparer[1] de l'acide nitrique pur en faisant agir de l'oxygène comprimé sur du peroxyde d'azote en présence d'eau. Cette dernière réaction présente un grand intérêt pratique pour la récupération des oxydes d'azote préparés par l'action de l'arc électrique sur l'air.

La pression joue un rôle capital dans une autre réaction touchant aussi un problème vital de la fixation de l'azote atmosphérique. Nous voulons parler de la préparation de l'ammoniaque à partir de ses éléments par le procédé Haber et Le Rossignol, auquel nous avons déjà fait allusion à propos de la technique des hautes pressions. Comme le laisse prévoir la théorie, la compression agit d'une façon tout spécialement efficace sur cette réaction et dans le sens de la formation de l'ammoniaque; celle-ci est, en effet, accompagnée d'une forte réduction de volume. On s'en convaincra par les chiffres suivants, empruntés à un mémoire de Haber[2], où c est la proportion en % d'ammoniaque en équilibre avec le mélange azote-hydrogène à diverses pressions p (en atmosphères) et à 600° :

p	1	30	100	200
c	0,049	1,43	4,47	8,25

Ils montrent à l'évidence que, sans l'intervention d'une compression, cette synthèse n'eût pas présenté le grand intérêt industriel qu'elle revêt actuellement. Dans le procédé, tel qu'il est appliqué, la compression agit aussi, naturellement, sur la vitesse de réaction, mais celle-ci est surtout fortement accélérée par la présence de masses catalytiques (osmium, uranium, carbure d'uranium, etc.), dont l'action, par contre, est nulle sur l'équilibre.

Dans les systèmes ne comportant que des solides et des liquides, les modifications de l'équilibre ne peuvent être que très faibles à cause des variations minimes de volume dues à la compression. Cohen et ses élèves[3] sont néanmoins parvenus à les déceler en mesurant les forces électromotrices mises en œuvre dans certaines

1. *Bull. Soc. chim.*, t. XXXII, p. 483.
2. Briner : *J. Chim. phys.*, t. IV, p. 283 (1906).
3. Briner et Cardoso : *J. Chim. phys.*, t. VI, p. 641 (1908).
4. Bergius : *Zeits. f. Elektrochemie*, 1912, p. 660.
5. Briner et Durand : *C. r.*, t. CLV, p. 582 et 1495 (1912).

1. L. Friderich. Voir *Principes et applications de l'Electrichimie* par O. Dony-Hénault, H. Gall et Ph.-A. Guye, p. 664 (1914).
2. *Zeits. f. angewandte Chemie*, t. XXVII, p. 473 (1914).
3. Ces travaux, effectués à Utrecht, ont fait l'objet d'une série de mémoires parus ces dernières années dans la *Zeits. f. phys. Chemie*.

réactions; la force électromotrice constitue, en effet, une mesure de l'affinité chimique. Cette méthode possède l'avantage d'être en même temps très sensible et très exacte, mais elle limite le champ d'investigations aux réactions électrochimiques reversibles. Voici, pour fixer les idées sur les valeurs très faibles de ces variations, les forces électromotrices de l'élément Weston à 25° et à diverses pressions p; rappelons que la réaction chimique qui intervient est :

$$Cd + Hg^2SO^4\,sol \rightarrow CdSO^4\,sol + 2\,Hg$$

p en atm.	1	500	1000
f. é. m. en volt	1,01827	1,02150	1,02459

Quant aux systèmes composés uniquement de corps solides, les réactions y sont tellement lentes qu'on ne peut guère songer à étudier expérimentalement les déplacements d'équilibre provoqués par la compression; on s'est donc limité pour le moment aux recherches relatives aux variations de la vitesse de réaction.

IV. — Action sur la vitesse de réaction

Dans ce domaine, les recherches, déjà très nombreuses, se sont montrées particulièrement fructueuses. Elles ont porté sur une foule de systèmes, tant homogènes qu'hétérogènes. Consacrons quelques lignes à l'étude d'un certain nombre d'exemples.

Soumis à des pressions de l'ordre de plusieurs centaines d'atmosphères, beaucoup de composés gazeux subissent des transformations qui, à la pression atmosphérique et dans les mêmes conditions de température, ne se manifesteraient qu'après des durées sans doute fort longues. Ainsi, parmi les corps que nous avons étudiés [1] par compression dans les tubes de verre, le gaz NO, réputé comme stable à la température ordinaire, a été soumis à une pression de 700 atm.; il présente déjà après quelques secondes l'indice d'une décomposition curieuse, qui se poursuit rapidement et sur laquelle nous reviendrons plus loin. Disons seulement ici qu'elle est caractérisée par l'apparition d'un liquide coloré en bleu par l'anhydride N^2O^3 fermé. L'oxyde de carbone, à 320° et sous 400 atm., éprouve aussi une décomposition accompagnée d'une contraction permanente et de la formation d'acide carbonique. Le cyanogène peut être chauffé très longtemps à 220° sans être altéré; à cette même température, mais sous 300 atm., il se polymérise en paracyanogène et se décompose aussi en partie en ses éléments. Dans des conditions semblables, l'acétylène fournit aussi des polymères. Les réactions entre plusieurs corps gazeux sont également favorisées par l'augmentation de pression; ainsi la réaction :

$$2\,SO^2 + O^2 = 2\,SO^3.$$

Il importe ici de faire une remarque concernant les réactions chimiques en général, et plus spécialement celles qui font intervenir les corps gazeux. En dehors de l'affinité, qui est à l'origine de tout phénomène chimique, il faut encore compter avec l'action de substances, dites catalytiques, étrangères à la réaction elle-même et dont le rôle n'est pas toujours très bien défini. Tous les corps solides étant, en particulier, susceptibles de fonctionner comme agents catalytiques, il faudra nécessairement, du moins théoriquement, prendre en considération le rôle des récipients contenant le système étudié. De ce fait, il pourra devenir difficile d'établir nettement, dans la marche d'une réaction, la part qui revient à la compression.

Parmi les solides, le verre lisse est un des corps les moins actifs; aussi les réactions étudiées dans ce matériel sont-elles, pour la plupart, fort peu influencées par les parois. Mais il en est cependant qui le sont à un degré si élevé que l'action de la compression peut se trouver masquée. Telle est la formation de l'eau à partir de ses éléments [1]. Ainsi, en opérant à 400° sur un mélange $2\,H^2 + O^2$, nous avons trouvé que la proportion combinée était, après des temps égaux, à peu près la même à 300 atm. et à la pression atmosphérique. Au premier abord, ce résultat semble indiquer que l'élévation de la pression n'a aucune influence. En réalité, cette influence est loin d'être nulle. En effet, lorsque le mélange est comprimé, il est, à masse égale, en présence d'une surface de verre beaucoup moins étendue qu'aux faibles pressions et, comme le verre joue dans ce cas un rôle accélérateur important, la compression n'a fait que compenser la diminution d'étendue des parois.

Pour mettre à profit toutes les circonstances favorables et obtenir le maximum d'effet, l'expérimentateur aura recours, avec avantage, à l'emploi combiné de la température, de la pression et de catalysateurs appropriés. Beaucoup de travaux récents ont été exécutés dans cette idée. Signalons-en quelques-uns :

Ipatieff [2] s'est servi de l'hydrogène comprimé à des pressions de 100 atm. et plus et, en opérant en présence d'oxyde de nickel, de nickel métallique,

1. Ces travaux, effectués en collaboration avec MM. Wroczynski et Boubnoff, ont fait, à partir de 1909, l'objet de plusieurs mémoires parus dans les *Comptes rendus de l'Acad.*, le *J. de Ch. phys.* et les *Archives des Sc. phys. et nat.*

1. Briner : *J. Chim. phys.*, t. X, p. 129 (1912).
2. Série de mémoires parus ces dernières années dans le *J. Soc. physico-chimique russe.*

de fer et d'autres catalysateurs, il a réussi à hydrogéner une foule de substances : acide oléique en acide stéarique, cétones en alcools, hydrocarbures (naphtalène, phénanthrène, anthracène) en corps plus hydrogénés, etc. Dans une autre série de recherches, le même expérimentateur, toujours en employant l'hydrogène fortement comprimé, est arrivé à déplacer des métaux dans les solutions aqueuses de leurs sels.

Brochet[1] a montré que plusieurs de ces hydrogénations pouvaient s'effectuer en présence de métaux communs : nickel, cobalt, fer, à des températures et pressions modérées (10 à 15 atm.) Cette observation permet d'envisager comme possible l'emploi d'appareils industriels pour la fabrication en grand de certains corps, tels le cyclohexanol, regardés jusqu'à présent comme des produits de laboratoire et possédant de ce fait un prix de revient très élevé.

Bredig[2] et Carter ont obtenu des formiates en faisant agir de l'hydrogène à 70° sous 60 atm. sur des solutions de bicarbonate renfermant en suspension de la mousse de palladium.

A titre d'exemple de réaction gaz sur solide favorisée par la pression, citons celle qui a permis à l'éminent chimiste Mond[3] de préparer les carbonyles de plusieurs métaux : fer, cobalt, molybdène, ruthénium ; le carbonyle de ce dernier métal exige, en particulier, des températures de 300° environ et des pressions de plusieurs centaines d'atmosphères. Ces corps très volatils, une fois formés, se décomposent facilement à la pression ordinaire si la température s'élève, en donnant un métal très pur. Mond a même fondé sur cette réaction un procédé utilisé industriellement pour la fabrication du nickel pur.

L'action de la pression sur les systèmes homogènes liquides a fait l'objet de plusieurs travaux intéressants. Cohen[4] et ses élèves ont étudié l'inversion du saccharose et la saponification de l'acétate d'éthyle dans un intervalle de pressions relativement étendu. En passant de 1 à 1.500 atm., la vitesse ne subit que des variations faibles comparativement à celles observées dans les systèmes avec phase gazeuse : diminution de 26 % pour la première de ces réactions et augmentation de 37 % pour la seconde.

Appliquées aux corps liquides, simultanément avec l'élévation de la température, les fortes pressions peuvent, par contre, favoriser les réactions dans une large mesure en permettant précisément de maintenir l'état liquide bien au-dessus du point d'ébullition à la pression ordinaire et jusqu'au point critique.

En faisant agir de l'eau liquide à 300° (ce qui suppose des pressions voisines de 100 atm.) sur du fer, Bergius[1] a constaté une oxydation très rapide et très complète du métal. Cette réaction, qui est encore accélérée par la présence de certains catalysateurs (chlorures métalliques et métaux), constitue un mode de préparation très avantageux de l'hydrogène. Par ce procédé, déjà appliqué industriellement, le prix de revient de ce gaz, dont on sait l'importance pour la fabrication de l'ammoniaque, l'aérostation, etc., ne dépasserait pas quelques centimes le mètre cube.

Les systèmes entièrement solides ne sont pas non plus réfractaires à l'action chimique de la compression. Ainsi Spring[2], en utilisant des pressions allant jusqu'à 5.000 atm., a observé la formation de sulfures à partir de métaux et du soufre, la décomposition de certains sulfates acides, etc. ; Bergius[3], à la suite d'essais faisant intervenir des pressions du même ordre, a cru pouvoir attribuer la formation de l'anthracite à une compression prolongée de la houille. Mais, dans ces systèmes, les réactions sont moins accessibles à des études systématiques ; la lenteur extrême de la diffusion, l'absence de renouvellement des surfaces de contact sont des causes qui empêchent les phénomènes de se poursuivre régulièrement. L'emploi de compressions beaucoup plus intenses, non encore réalisées au laboratoire jusqu'à présent, aboutira peut-être à des résultats meilleurs.

Ce qui frappe surtout dans la plupart de ces travaux, c'est le caractère d'approximation plutôt grossière des données relatives au rôle joué par la pression seule dans l'accélération des réactions. Sauf dans les recherches sur les systèmes homogènes liquides, où l'action de la compression est d'ailleurs très faible, ces données sont, en effet, d'ordre plutôt qualitatif. Cette lacune provient, en grande partie, de la multiplicité des causes influant en même temps sur la réaction et qui empêchent, comme nous l'avons déjà indiqué en passant, de dégager nettement l'effet de la pression.

Une étude spéciale de la décomposition de l'oxyde d'azote nous a fourni quelques documents plus précis sur ce point, qui nous paraît capital. Cette décomposition convient particulièrement bien au but à atteindre, car sa progression, fortement accélérée par la compression, possède une allure régulière et insensible à

1. *Bull. Soc. chimique*, t. XV, p. 554, 1914.
2. *Ber. deutsch. chem. Gesell.*, t. XLVII, p. 541.
3. *Rev. gén. des Sc.*, 1909, p. 763.
4. *Loc. cit.*

1. Brevet allemand 254.593 (1911).
2. *Ann. Chim. et Phys.*, (5), t. XXII, p. 171 (1871).
3. *J. Soc. Chem. Industry*, t. XXXII, p. 462 (1913).

l'action des parois, du moins dans les conditions où nous l'avons étudiée.

Pour donner une idée générale de l'influence de la pression initiale sur la vitesse du phénomène, telle qu'on l'apprécie par la mesure de la longueur de la colonne liquide formée, nous donnons ici, pour différentes pressions initiales p (en atm.) et pour la température ordinaire, les temps t nécessaires à la formation de la moitié de la longueur de la colonne limite; cette longueur limite est celle qui ne subit pratiquement plus d'accroissement après plusieurs mois.

p	100	200	300
t	66 jours	14 jours	$5\,^1/_2$ jours
p	400	500	720
t	2 jours	18 heures	40 minutes.

Nous avons établi, de plus, l'équation différentielle caractérisant la vitesse de cette décomposition. A titre de vérification, nous avons calculé que la durée nécessaire à l'apparition de la phase liquide, dans un tube rempli à 50 atm. et laissé à la température ordinaire, était de 11 mois, valeur qui a été confirmée par l'expérience. Cette équation nous a permis d'évaluer les temps correspondant à la décomposition de NO, à la température ordinaire, jusqu'à une fraction donnée et pour différentes pressions initiales; voici quelques-unes de ces valeurs :

Pressions init. en atm.	Fractions décomposées	Temps
400	1/50	8 heures
1	1/50	910 ans
1	1/1000	51 »
1	1/10000	6,4 »
2	1/1000	19 »
10	1/1000	3 mois
100	1/1000	10 heures
1000	1/1000	1 minute 40″

Ces résultats font ressortir l'influence énorme que la compression peut exercer sur certaines réactions en milieu gazeux.

V. — Conclusion

Les faits qui viennent d'être exposés, pris parmi un très grand nombre, sont suffisamment éloquents par eux-mêmes pour nous dispenser de revenir sur l'importance de l'action chimique de la pression, tant au point de vue pratique qu'au point de vue théorique. Il nous paraît cependant utile d'ajouter quelques mots, en matière de conclusion, pour montrer que cette étude est susceptible de conduire à des conséquences d'une portée plus générale encore.

La pression atmosphérique, à laquelle nous accomplissons les actes de notre vie et la plupart de nos travaux de recherche, n'est qu'une valeur bien particulière, entre toutes, dans l'Univers et qui caractérise seulement la surface de notre Terre. Ailleurs, dans l'intérieur de ce globe, dans les autres astres ou dans les espaces qui les séparent, règnent toute une succession de pressions, depuis les plus faibles, voisines du vide absolu, jusqu'à des pressions énormes s'évaluant en milliers d'atmosphères. — Il est peut-être permis de rappeler ici un calcul de Schuster, d'après lequel la pression au centre d'un astre gazeux de masse égale à celle du Soleil atteindrait près d'un million d'atmosphères. — Si, par simple supposition, la pression ordinaire, pour une atmosphère de la même composition que la nôtre, avait une valeur quelques centaines de fois plus forte, combien la face des choses ne serait-elle pas changée! Les quelques résultats acquis le laissent déjà entrevoir. Sans doute, une foule de combinaisons nouvelles (peroxydes et autres) existeraient-elles ou se formeraient-elles rapidement; par contre, des corps considérés comme stables (NO,CO, etc.) n'auraient qu'une durée éphémère. A côté de l'action du facteur température, dans les hypothèses cosmogoniques et dans toutes les opérations qui mettent en jeu des pressions très élevées, comme les explosions, il convient donc de tenir compte aussi de l'influence propre au facteur pression.

Les phénomènes chimiques que ce facteur provoque doivent également être pris en considération dans l'étude de problèmes que l'on serait tenté d'envisager à un point de vue purement physique, comme la détermination de la compressibilité ou des constantes critiques des gaz ou de leurs mélanges. Il serait illusoire, par exemple, d'étudier, sous des pressions élevées, la compressibilité de l'oxyde d'azote à la température ordinaire, et celle de l'oxyde de carbone à 300°, puisque ces corps subissent des décompositions. Tout aussi inutiles seraient les tentatives de mesure des constantes critiques de certains corps ou systèmes de corps pour lesquels une pression de l'ordre de grandeur de la pression critique peut amener plus ou moins vite l'établissement de systèmes plus stables.

Dans cette évolution des systèmes vers une stabilité meilleure, évolution qui paraît générale, la pression joue donc un rôle des plus importants; l'exemple de la décomposition du gaz NO est là pour nous le montrer. Comme l'élévation de la température, mais avec d'autres effets, la compression, en accélérant les phénomènes, contribue à les révéler et à permettre au chercheur de les étudier. Pour ce dernier, un pareil domaine d'investigations revêt ainsi un intérêt tout particulier; c'est, de plus, un de ceux dont l'exploration offre de nombreuses chances de succès, car son étendue s'accroît d'année en année, grâce aux progrès continuels de la technique expérimentale.

Emile Briner,
Docteur ès Sciences,
Privat-docent à l'Université de Genève.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Darboux (G.), *Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Doyen honoraire de la Faculté des Sciences.* — **Leçons sur la Théorie générale des Surfaces et les applications géométriques du Calcul infinitésimal.** *Première partie :* **Généralités, coordonnées curvilignes, surfaces minima.** *Deuxième édition, revue et augmentée. — 1 vol. in-8° de 618 p. avec fig. Gauthier-Villars, éditeur, Paris,* 1914.

La première édition de son magistral ouvrage : *Leçons sur la Théorie générale des Surfaces* étant épuisée, M. Darboux s'est décidé à en publier une seconde, dont le premier volume a paru récemment. Une analyse détaillée d'un tel ouvrage, universellement connu et apprécié de tous les géomètres, est assurément inutile[1]. Il suffira d'indiquer rapidement les modifications les plus importantes apportées au premier volume de l'édition primitive.

Le livre I : « Applications à la Géométrie de la théorie des mouvements relatifs » a été assez sensiblement augmenté, notamment par l'étude de la sphère de rayon nul, considérée au point de vue de la théorie du déplacement d'une figure invariable, d'après les leçons faites par l'auteur à la Sorbonne en 1900 et 1904; l'ordre de l'exposition est aussi modifié. La théorie des déplacements à plusieurs variables est étudiée d'abord en général au point de vue analytique, puis appliquée au cas de deux variables, qui est particulièrement important pour la théorie des surfaces. A ce propos, M. Darboux est conduit à une intéressante étude du conoïde de Plücker, qui ne figure pas dans la première édition. Enfin, ce premier livre est complété par un nouveau chapitre consacré à la recherche des surfaces qui peuvent être considérées de plusieurs manières comme des surfaces de translation. Ce problème avait été résolu d'abord par Lie et H. Poincaré à l'aide des fonctions abéliennes; M. Darboux en donne une solution élémentaire, qui le conduit à une démonstration du théorème d'Abel, dans le cas particulier en question.

Dans le livre II : « Des différents systèmes de coordonnées curvilignes », le chapitre I, consacré aux systèmes conjugués, est complété par l'étude des surfaces sur lesquelles existent deux familles conjuguées formées, l'une des courbes de contact de cylindres circonscrits, et l'autre de cônes circonscrits. En recherchant certaines de ces surfaces applicables les unes sur les autres, on arrive à déterminer trois familles de surfaces applicables sur les quadriques à centre (Peterson). Le chapitre IV de la première édition : « Représentation conforme des aires planes » a été remplacé par un autre : « Représentation conforme des surfaces les unes sur les autres », dans lequel les propriétés générales des systèmes isothermes sont appliquées à la résolution de différents problèmes relatifs aux cartes géographiques et aux représentations conformes.

Dans le livre III : « Surfaces minima », le chapitre III est complété par la recherche d'après Lie des surfaces minima qui peuvent être considérées de plus d'une manière comme des surfaces de translation, et le chapitre VIII, par celle de la surface minima passant par un cercle et inscrite dans un cylindre tout le long de ce cercle; c'est la surface minima réelle la plus générale à génératrices circulaires (Darboux : *Comptes Rendus*, 1913). A la fin du chapitre IX, M. Darboux a développé un cas particulier du problème de la détermination d'une surface minima inscrite dans une développable, à cause de ses relations intéressantes avec les courbes à torsion constante algébriques et avec les courbes de Bertrand : la détermination des surfaces minima algébriques inscrites dans une sphère est équivalente à celle des courbes algébriques à torsion constante (E. Cosserat : *C. R.*, 1895); d'autre part, toute courbe de Bertrand est ligne asymptotique d'une surface minima qui se détermine sans aucun signe de quadrature. Enfin, le chapitre XI du même livre reproduit, avec quelques modifications, le chapitre IV du livre II de la première édition : il a pour objet la représentation conforme d'une aire plane à connexion simple sur une autre, donnée et de même connexion. On est naturellement conduit à cette question par le problème de Plateau, qui fait l'objet du chapitre précédent. M. Darboux a complété le chapitre par l'application à la représentation de l'intérieur d'une ellipse sur l'intérieur d'un cercle.

M. Lelieuvre,
Professeur au Lycée
et à l'Ecole des Sciences de Rouen.

2° Sciences physiques

Thorpe (Sir Edward), *de la Société Royale de Londres.* — **Alcoholometric Tables.** — *1 vol. in-16 de XIV-91 pages. (Prix cart. : 4 fr. 50.) Longmans, Green and Co, 39, Paternoster Row, Londres, 1915.*

Quand l'alcool et l'eau sont mélangés, le volume du mélange est invariablement moindre que la somme des volumes initiaux, et le degré de contraction varie avec la proportion d'alcool présent. Dans les pays où les droits sur l'alcool ont une grande importance, il a donc été nécessaire de déterminer par l'expérience les densités des mélanges d'alcool et d'eau en toutes proportions et à diverses températures. Ces recherches ont été généralement entreprises à la requête des Gouvernements intéressés, et les résultats en ont été consignés dans des tables portant le nom des auteurs de ces recherches. Parmi les plus connues, il faut citer les tables de Blagden et Gilpin, de Tralles, de Drinkwater, de Gay-Lussac, de Mendéléeff. L'auteur des tables actuelles a combiné les meilleures valeurs précédemment obtenues.

La Table I indique les densités des mélanges alcool-eau avec les pourcentages correspondants d'alcool pur, en poids et en volume, à 15°6 C. (ou 60° F.), et les pourcentages correspondants d'alcool fiscal type. Les densités sont réduites à l'air et représentent le rapport du poids d'un volume donné du mélange alcoolique au poids du même volume d'eau à 15°6 C. Dans les mêmes conditions atmosphériques, elles peuvent être réduites au vide par le moyen de l'expression $(\delta + 0{,}0012)/1{,}0012$.

En pratique, les densités des liquides spiritueux sont déterminées au moyen de divers hydromètres ou alcoolomètres, comme ceux de Sikes, de Tralles, de Gay-Lussac, de Beck, etc. Au moyen des Tables II et III de l'ouvrage, les indications de l'un quelconque de ces instruments peuvent être converties en degrés de l'un des autres, et les types fiscaux anglais comparés avec ceux des autres pays.

Ce petit volume, très bien présenté, rendra de grands services à tous ceux qui ont à s'occuper des questions d'alcoolométrie.

1. Voyez d'ailleurs l'analyse de la première édition de cet ouvrage dans la *Revue générale des Sciences*, t. II, p. 65 et 617; t. VI, p. 76; t. VII, p. 225 et 835.

3° Sciences naturelles

Dulieux (P. E.), *Ingénieur des Mines.* — **Les Minerais de fer de la province de Québec. Gisements et utilisation.** — *1 vol. in-8° de 243 p. avec 41 fig. et pl. Service des Mines de la province de Québec, Québec, 1915.*

Au Congrès international de Géologie tenu à Stockholm en août 1910, une enquête mondiale a été présentée sur les ressources, actuelles et probables, en minerais de fer du monde. Alors que les pays européens et les Etats-Unis donnaient des chiffres concrets, le Canada devait se contenter de signaler ses gisements et d'indiquer ses réserves actuelles comme « considérables » et ses réserves probables comme « probablement énormes ». Pour obtenir plus de précision, le Bureau des Mines de Québec a fait exécuter, en ce qui concerne cette province, une enquête sur les ressources en minerai de fer, qui a été confiée à M. Dulieux. Le présent ouvrage contient les résultats de cette enquête.

Les minerais de fer de la province de Québec occupent une place un peu spéciale par rapport aux minerais utilisés couramment dans l'industrie, par suite de la présence presque constante de titane associé au fer. Aussi est-ce en se basant sur la proportion de titane que l'auteur a été amené à classer les différents gisements qu'il a explorés. Il distingue :

1° Des minerais pas ou faiblement titanifères (3 o/o de Ti au maximum), qui peuvent être employés directement à la fabrication de la fonte et de l'acier ordinaire; les principaux gisements se trouvent dans le district du lac Chibougamau, au nord du fleuve Saint-Laurent et dans les cantons de l'Est;

2° Des minerais de fer titanifères, ou titanomagnétites, renfermant une quantité de titane variant de 5 à 12 o/o; le rapport du fer au titane y est de 4 à 6; ce sont des substances généralement magnétiques. Cette catégorie est la moins fortunée de toutes : leur teneur en fer serait généralement assez élevée, mais leur teneur en titane empêche leur utilisation immédiate; d'un autre côté, la quantité de titane qu'ils renferment n'est pas suffisante pour qu'on les traite comme minerais de titane. Mais leur utilisation n'est pas impossible, grâce à la séparation magnétique ou à la fusion au four électrique, et l'avenir leur réserve sans doute un meilleur sort. Ces minerais se rencontrent dans le district du Saguenay, sur la côte nord du Saint-Laurent, dans le massif d'anorthosite de Morin et celui de Saint-Boniface de Shawinigan, enfin dans les cantons de l'Est;

3° Des minerais de fer titané, ou ilménites, contenant de 18 à 24 o/o de titane et dans lesquels le rapport du fer au titane varie de 1,6 à 2,6. Ils servent à fabriquer au four électrique des alliages de fer et de titane, ou ferro-titanes. Leurs gisements se trouvent à Saint-Urbain, près de la baie de Saint-Paul, et dans le massif d'anorthosite de Morin;

4° Des sables magnétiques alluvionnaires, qui, une fois concentrés, constituent des magnétites un peu titanifères (1 à 3 o/o); ils rentrent donc, au point de vue commercial, dans la première classe. Leurs gisements sont nombreux sur la côte nord du fleuve et du golfe Saint-Laurent, mais il n'y en a guère que deux ou trois qui aient une importance économique.

Au point de vue géologique, les titanomagnétites et les ilménites se rencontrent toutes deux associées génétiquement à des anorthosites et à des gabbros; ce sont des produits de ségrégation d'un magma très basique. Mais, tandis que les ilménites proprement dites ne se rencontrent jamais qu'en amas bien nets au sein d'anorthosites franches, les titanomagnétites accompagnent souvent des gabbros généralement très ferrugineux et semblent provenir alors d'enrichissements locaux par insensibles transitions.

Après la description de ces gisements, l'auteur donne un aperçu des autres gisements de minerais de fer titanifères que l'on connaît dans le monde, en particulier dans l'Ontario, aux Etats-Unis, au Brésil, en Norvège et en Suède.

L'ouvrage se termine par un aperçu des procédés de traitement des titanomagnétites et des ilménites et de la fabrication des ferro-titanes, aujourd'hui très employés pour améliorer les qualités mécaniques de l'acier, en particulier de l'acier pour rail.

Louis Brunet.

4° Sciences diverses

Taranzano (Le P. Ch.), S. J., *Professeur au Collège de Sienhsien (Tcheu-li).* — **Vocabulaire français-chinois des Sciences mathématiques, physiques et naturelles,** *suivi d'un index anglais-français. — 1 vol. in-8° de XII + 455 + 19 p., avec 32 p. de planches hors texte. Sienhsien,* 1914. (*Chez Guilmoto, éditeur. Paris.*)

« Il y a vingt ans environ, une terminologie scientifique chinoise semblait à beaucoup une chose qui ne se réaliserait jamais. Ces sceptiques ne s'étaient pas rendu compte de l'aptitude extraordinaire des caractères chinois à la création de toutes sortes de termes. Ils n'avaient pas non plus considéré ce qui se passait dès lors au Japon... Reprenant leur bien, les Chinois transcrivirent ces manuels entiers (les manuels scientifiques japonais) en langue chinoise. Des apports incessants grossirent ce premier fonds... Dès maintenant l'on peut affirmer qu'il existe une terminologie chinoise, assez complète et suffisamment uniforme, pour toutes les branches des sciences humaines. » Ainsi s'exprime le P. Wieger dans la préface du vocabulaire; et l'on doit tenir grand compte de l'opinion de cet éminent sinologue, qui est en même temps un médecin fort initié aux sciences d'Europe.

L'auteur a, en effet, tiré des ouvrages chinois et japonais, pour la terminologie des sciences qu'il considère présentement, l'essentiel, autant qu'un profane peut en juger. Il ne s'est pas contenté de l'ordre alphabétique, mais a souvent groupé et expliqué sous un chef toute une série de notions connexes : des articles tels que *chimie*, *digestion*, *poisson* sont, en français et en chinois, tout un résumé scientifique de ces sujets; aux mots *chute*, *Kepler*, on trouve l'expression dans les deux langues des lois visées. Ce volume est donc de nature à rendre d'éminents services aux hommes de science qui ont affaire en Chine et aux Chinois qui veulent s'initier à notre langage scientifique. Puisse le P. Taranzano, selon le souhait du P. Wieger, donner un vocabulaire analogue des sciences économiques, juridiques, morales, philosophiques : les matériaux en sont prêts dans les manuels chinois et japonais, l'auteur du présent vocabulaire a montré quel ordre lumineux il y peut mettre.

Le philologue trouvera aussi à glaner dans ce volume. Qu'il observe la création de nouveaux caractères, l'emploi dans un sens nouveau de caractères anciens (voir *corps simples*, *veine*), la formation de mots complexes aussi abondants et aussi clairs que ceux que nous avons tirés du grec, l'expression très nette des lois scientifiques : sur tous ces points il trouvera la langue chinoise à un haut degré riche, souple et précise.

Maurice Courant,
Professeur à l'Université de Lyon

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 17 Août 1915

1° Sciences physiques. — M. **J. R. Mourelo** : *Sur la phototropie des systèmes inorganiques. Système du sulfure de calcium.* L'auteur a constaté que le sulfure de calcium, préparé par chauffage à des températures allant de 300° à 1.000° pendant 4 heures et contenant des quantités de manganèse variant de 0,0001 à 0,1 %, devient phototropique après refroidissement, sans être phosphorescent. La phototropie se développe aussitôt que les systèmes sont soumis à l'influence d'une forte illumination, sans insolation; à la lumière diffuse, les systèmes reprennent à l'instant leur couleur blanche. L'adjonction de bismuth au manganèse exalte l'intensité de la phototropie, mais n'a pas d'influence sur les couleurs des systèmes phototropiques. — M. **M. Pontio** : *Procédé de contrôle permettant d'apprécier rapidement la quantité de nickel déposée sur des objets nickelés.* Ce procédé repose sur l'attaque de la surface nickelée par un mélange de H^2O^2 et d'acides chlorhydrique et nitrique et sur la détermination du temps que met à se former du chlorure de cuivre, si le métal de fond est du cuivre, ou du perchlorure de fer, si le métal de fond est du fer. L'auteur estime qu'une couche de nickel représentant 2 mgr. par cm^2 est suffisante pour couvrir fortement la surface d'un objet en cuivre, mais qu'elle doit être portée à 4 mgr. par cm^2 pour les objets en fer, qu'il est d'ailleurs préférable de cuivrer préalablement. — MM. **Em. Bourquelot** et **A. Aubry** : *Influence de la soude sur les propriétés synthétisante et hydrolysante de la glucosidase α.* La réaction synthétisante n'est pas sensiblement influencée tant que le mélange glucose-alcool sur lequel agit l'enzyme reste acide. Mais, dès que la neutralité est atteinte, la réaction ne va plus jusqu'à l'équilibre normal, et aussitôt que l'alcalinité devient manifeste il n'y a plus de réaction synthétisante, alors qu'il n'y a pas encore de réaction isomérisante sur le sucre due à l'alcali. Les mêmes proportions de soude qui déterminent la suppression du processus synthétique causent aussi celle du processus hydrolytique.

2° Sciences naturelles. — M. **Ed. Delorme** : *Sur un mode nouveau d'autoplastie des tendons fléchisseurs des doigts.* Cette méthode s'adresse aux cas de blessures très graves de la paume de la main par projectiles, avec pertes de substance considérables d'un ou de plusieurs tendons fléchisseurs. Elle consiste à emprunter aux tendons fléchisseurs d'avant-bras une languette tendineuse continue, d'étendue supérieure à la perte de substance, et, après l'avoir libérée en haut et avoir maintenu avec soin, en bas, sa continuité avec le tendon qui l'a fournie, à la glisser sous le ligament annulaire du carpe et à la souder par son extrémité libre au bout inférieur du tendon fléchisseur. — M. **A. Betim** : *Sur un gisement d'euxénite au Brésil.* Ce gisement se trouve près de Pomba (Etat de Minas Geraes), dans une apophyse de pegmatite, sur une colline de gneiss au voisinage d'une syénite quartzifère. L'euxénite forme un noyau vitreux, à cassure conchoïdale, recouvert d'une croûte dans laquelle on trouve des cristaux orthorhombiques. La densité de l'euxénite fraîche est de 4,88. L'élément prédominant est le titane; vient ensuite le niobium; le groupe de l'yttria se trouve en quantités appréciables, qui contrastent avec la pauvreté relative en uranium. Associés à l'euxénite se trouvent de beaux cristaux de xénotime.

Séance du 23 Août 1915

1° Sciences physiques. — M. **E.-F. Perreau** : *Sur un électrovibreur alimenté par des courants interrompus.* L'auteur a reconnu que l'intercalation d'un interrupteur rotatif permet l'emploi de l'électrovibreur avec des courants continus. Elle augmente aussi l'efficacité de l'appareil alimenté avec du courant alternatif. Cette augmentation est surtout précieuse pour la recherche des corps non magnétiques. — M. **D. Berthelot** : *Sur le covolume des gaz dégagés par les matières explosives.* L'auteur montre que le covolume n'est égal au millième du volume spécifique que pour les gaz dont la température critique est sensiblement égale au quadruple de la pression critique. Ces conditions se trouvent remplies avec une précision suffisante pour les principaux gaz des explosions, mais ce serait une erreur de croire qu'il en soit ainsi d'une façon générale. — M. **Guilbaud** : *Sur un appareil pour la photolyse des poudres.* L'auteur a construit un appareil permettant d'effectuer facilement la photolyse des nitrocelluloses et des poudres qui en sont composées; il se compose essentiellement d'un tube à décomposition en quartz, d'un volumètre et d'appareils de dosage. La décomposition des nitrocelluloses et poudres sans fumée donne cinq gaz : CO^2, CO, Az^2, Az^2O et AzO, en quantité et en proportion variables.

2° Sciences naturelles. — MM. **J. Costantin** et **D. Bois** : *Sur trois types de vanilles commerciales de Tahiti.* Les auteurs ont examiné trois échantillons de vanille provenant de Tahiti et portant les marques : Mexique, Tahiti et Tiarei. Le premier type est fourni par le *Vanilla planifolia* Andrews. Le second se rattache également au *V. planifolia ;* il y a cependant quelques différences florales appréciables, justifiant pour cette plante la création d'une sous-espèce que les auteurs proposent d'appeler *angusta.* Quant au troisième échantillon, il ne se rapporte à aucune espèce connue; aussi les auteurs le désignent provisoirement sous le nom de *Vanilla Tiarei.* — M. **P. Vuillemin** : *Origine staminale du périgone des Liliacées : preuves fournies par les fleurs pleines d'Hémérocalle.* L'auteur établit la commune origine des étamines et des pétales, de l'étamine isolée et du couple dans la fleur pleine de l'Hémérocalle. Etamines, pièces mixtes, pétales, ne proviennent pas de créations, ni de métamorphoses, mais d'une simple modification d'appendices de même type. La fleur pleine d'Hémérocalle résume l'histoire de la fleur des Liliacées. L'état primordial de l'androcée reparaît dans les cycles staminaux isolés. Les couples montrent le dédoublement de l'androcée en étamines et pétales. La fleur des Liliacées n'a pas de périanthe provenant de bractéoles annexées à la fleur. En dehors du pistil, elle est réduite à l'androcée, d'où procède un périgone homologue d'une double corolle. — M. **H. Vincent** : *Sur la toxine typhique et sur la production d'un sérum spécifique contre la fièvre typhoïde.* L'auteur a réussi à rendre très pathogènes et très toxiques des bacilles typhiques en les cultivant par la méthode des passages en sacs introduits dans le péritoine. Ces cultures tuent la souris par septicémie à la dose d'une goutte, et le cobaye à la dose de 3 à 5 gouttes. Le sérum des lapins et des chevaux ayant reçu des doses progressives de cultures de passage en sac acquiert des propriétés protectrices et antitoxiques qui pourront être utilisées dans un but thérapeutique. — M. **H. Hubert** : *Sur les eaux souterraines en Afrique occidentale.* Au point de vue des eaux superficielles et souterraines, l'Ouest africain peut se diviser en trois zones distinctes : Dans la première, au sud de 5°30' lat. N., les précipitations s'observent presque toute l'année; les cours d'eau sont constants et les eaux souterraines sont partout très près de la surface. Dans la seconde, au nord du 17° parallèle, les précipitations sont rares et irrégulières; il n'y a plus d'eaux permanentes à la surface, et les eaux souterraines sont

réparties d'une façon très capricieuse. Dans la troisième zone, intermédiaire, le régime des cours d'eau est très inégal; dans les régions non calcaires, les eaux souterraines rencontrées se raccordent avec la surface hydrostatique; dans les régions calcaires, l'existence des eaux souterraines paraît n'être plus en relation qu'avec la présence de couches imperméables.

Séance du 30 Août 1915

1° Sciences physiques. — M. **Gibon** : *Stéréo-radioscopie. Procédés nouveaux.* L'auteur préconise la radioscopie stéréoscopique pour l'examen des blessures de guerre et décrit trois procédés d'observation : 1° On emploie deux ampoules (ou une ampoule à deux anticathodes) et un diaphragme placé entre les ampoules et le blessé; ce diaphragme est composé de feuilles de métal imperméables aux rayons X, sauf par une fenêtre de largeur variable. Les images données par les deux ampoules à travers la fenêtre forment sur l'écran au platinocyanure un couple stéréoscopique, qu'il suffit de regarder avec un stéréoscope ordinaire ou dans le stéréoscope à miroirs. 2° On peut voir directement en relief les images projetées par les rayons X sur l'écran fluorescent au moyen d'un écran spécial composé d'une feuille *métallique plissée* qu'on utilise avec deux ampoules de Crookes ou une seule ampoule à deux anticathodes. 3° On peut encore voir directement les images en relief sur l'écran en employant les deux ampoules avec deux obturateurs doubles, de telle manière que chaque œil ne perçoive que la projection de l'ampoule qui lui correspond.

2° Sciences naturelles. — M. **J. Pescher** : *Gymnastique respiratoire et ses effets thérapeutiques ; le spiroscope.* L'auteur emploie, pour la gymnastique respiratoire, un appareil, dit spiroscope, dans lequel l'insufflation produite par le sujet au moyen d'un tube de caoutchouc déplace un volume d'eau égal au volume de l'air insufflé. Les faits observés montrent que la spiroscopie amplifie la respiration et améliore l'hématose. — M. **Edm. Bordage** : *Sur les différences d'aspect du tissu adipeux produit par histolyse chez certains Orthoptères.* L'auteur a constaté que la dégénérescence graisseuse des muscles de certains Orthoptères peut s'effectuer parfois sans qu'il y ait formation de nappes, de cordons ou de pseudo-cellules; on assiste au changement du muscle en graisse sans constater de modification apparente dans le contour du faisceau musculaire. Ces phénomènes de dégénérescence ne se manifestent réellement que si les muscles et autres tissus appelés à disparaître ont préalablement subi le début d'altération qui semble dû avant tout à l'absence d'excitation fonctionnelle.

Séance du 6 Septembre 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **F. Baldet** : *Sur les filaments hélicoïdaux de la comète Morehouse* (1908 *c*). L'étude des photographies successives de la comète montre que les gaz de la queue principale et ceux des filaments hélicoïdaux paraissent ne former qu'une masse gazeuse dont toutes les parties ont des vitesses du même ordre de grandeur. Les filaments sont attribuables à des jets d'électrons émanant du noyau et illuminant les gaz de la queue sur leur passage; leur forme hélicoïdale serait due à l'existence d'un champ magnétique sensiblement uniforme, parallèle à l'axe de l'ellipse.

2° Sciences physiques. — M. **B. Galitzine** : *Description d'un appareil destiné à la détermination directe des accélérations.* L'auteur décrit un appareil susceptible de donner directement la valeur momentanée de l'accélération pour un mouvement complètement arbitraire du sol ou du plan sur lequel repose l'appareil. Dans ce but, l'accélération communiquée à une masse mobile est transmise, à l'aide d'une petite tige passant par son centre de gravité, à la surface d'une plaque piézoélectrique, dont la face intérieure est reliée à la terre ; dans ces conditions, la charge électrique sur la face extérieure, dont la valeur momentanée est déterminée au moyen d'un électromètre à corde, permettra de calculer facilement l'accélération.

3° Sciences naturelles. — MM. **P. Delbet** et **Karajanopoulo** : *Cytophylaxie.* Les auteurs ont étudié l'action sur les cellules de l'organisme des diverses solutions employées pour le pansement des plaies et recherché s'il existe quelque substance capable d'exalter les propriétés phagocytaires des globules blancs, si précieux dans la lutte contre l'infection. Les substances antiseptiques proprement dites altèrent profondément les globules blancs, quoique d'une manière inégale. La solution de Na Cl à 8 °/₀₀, dite sérum physiologique, augmente le nombre des phagocytoses. La solution de $Mg\,Cl^2$ à 12,1 °/₀₀ augmente encore le nombre des phagocytoses dans la proportion de 75 °/₀ par rapport à la précédente; l'augmentation porte sur le nombre des polynucléaires qui phagocytent et sur la puissance phagocytaire de chacun d'eux. M. **Ch. Richet** rappelle à ce propos que $Mg\,Cl^2$, à la même dose, exerce une action stimulante optimum sur la fermentation lactique. — MM. **F. Bordas** et **S. Bruère** : *De l'action des ferments de l'urée dans la destruction de la matière organique.* Les auteurs montrent qu'il faut donner la préférence aux ferments de l'urée pour réaliser, avec l'aide de l'humidité et d'une température appropriée, une destruction rapide de la matière organique. — M. **P. Vuillemin** : *Valeur morphologique de la couronne des Amaryllidacées.* L'élément de couronne des Amaryllidacées est homologue de l'étamine et du pétale, comme ceux-ci le sont entre eux. Il tient de l'étamine par sa position dans le couple normal extérieur à l'étamine isolée ; il tient du pétale par sa structure qui se retrouve dans le second cycle du périgone de *Galanthus*. Chez les Narcissées comme chez les Vellosiées, il diffère du pétale et de l'étamine comme un terme intercalaire, demeurant le plus souvent neutre et de structure indéterminée, susceptible, comme les pièces mixtes d'une fleur pleine de *Galanthus* ou d'*Hemerocallis*, de se développer occasionnellement soit en pétale, soit en étamine. — M. **A. Lacroix** : *Sur un type nouveau de roche granitique alcaline, renfermant une eucolite.* L'auteur a trouvé dans le nord-ouest de Madagascar une série de roches microgranitiques et granitiques à grain fin, caractérisées par la présence d'une eucolite cérique. Cette roche constitue un type nouveau, que l'auteur nomme *fasibitikite* et qui vient compléter la série des *lujavrites*.

Séance du 13 Septembre 1915

1° Sciences physiques. — M. **B. Galitzine** : *Mesure directe des accélérations.* L'auteur montre, par des expériences de laboratoire, que l'appareil décrit ci-dessus est réellement en état de donner sans aucun retard les valeurs instantanées des accélérations, et pour une loi de mouvement complètement arbitraire. Sa sensibilité peut être réglée à volonté. Il pourra rendre des services utiles non seulement en Sismologie et dans l'étude de différents genres d'ébranlements artificiels, mais aussi dans tous les cas de la pratique où il s'agit de déterminer la valeur instantanée de la pression : en Météorologie, en Aérodynamique, etc. — M. **A. Portevin** : *Sur la décomposition du cyanate de potassium par la chaleur.* Par chauffage du cyanate de potassium à des températures variant de 700° à 900°, il se produit toujours une certaine quantité de cyanure de potassium ; elle peut atteindre jusqu'à 50 °/₀ après 4 heures de chauffage. — M. **E. Kohn-Abrest** : *Dispositif pour l'essai rapide des substances employées contre les gaz nocifs.* Au moyen de ce dispositif, l'auteur a reconnu que, lorsque les proportions volumétriques de chlore dans l'air sont de l'ordre du millième, le coton hydrophile neutre, imbibé ou non d'eau distillée, suffit à les absorber. Vis-à-vis des mélanges contenant plus de 1 °/₀ de chlore, les solutions saturées de carbonate de soude agissent très énergiquement ; les solutions de bicarbonate sont médiocres ; l'hyposulfite dégage SO^2, d'où addition nécessaire de carbonate de soude ; KI agit aussi très énergiquement. Entre 1 °/₀ et 1 °/₀₀, toutes ces substances

agissent à peu près de même. L'adjonction de glycérine ne sert point seulement à éviter l'évaporation ; elle rend un peu plus régulière l'absorption du chlore.

3° Sciences naturelles. — M. **Marage** : *Traitement des hypoacousies consécutives à des blessures de guerre.* La rééducation auditive avec la sirène à voyelles peut rendre de grands services aux hypoacousies d'origine traumatique; après le traitement, les deux tiers des malades peuvent retourner au front. Ce traitement est un traitement médical, et non un traitement pédagogique : il ne peut être fait que par des médecins. On ne doit apprendre à lire sur les lèvres qu'à des sourds complets, c'est-à-dire à 10 °/₀ des sourds traités par la rééducation auditive. Les autres doivent écouter s'ils veulent continuer à entendre. On ne doit jamais faire ce traitement aux blessés atteints d'écoulement ou d'inflammation de l'oreille moyenne; il faut attendre, pour commencer la rééducation, que tout écoulement ait cessé depuis au moins un mois. — M. **J. Tissot** : *Sur les conditions les plus favorables à la cicatrisation rapide des plaies.* L'auteur a reconnu, contrairement à Carrel et Dakin, que les solutions d'hypochlorites alcalins, et particulièrement d'hypochlorite de calcium (chlorure de chaux du commerce), appliquées sur les plaies, en modifient l'aspect très rapidement et rendent une grande activité de prolifération aux tissus lésés. L'effet remarquable de l'hypochlorite de calcium est dû à son action irritante et non à son pouvoir bactéricide, l'infection microbienne n'étant pas la cause du retard de la cicatrisation. — MM. **Tuffier** et **Amar** : *Cannes et béquilles en orthopédie dynamique; modèle scientifique d'une canne-soutien.* Chez les impotents, les béquilles, non seulement occasionnent des désordres de la motricité prenant toutes les formes de la parésie, mais elles suppriment toute velléité de rééducation des jambes. Pour obvier à ces inconvénients, les auteurs préconisent la substitution aux béquilles de cannes spéciales. Ils décrivent une canne-soutien, dans laquelle le soutien est obtenu par l'addition d'un ressort tangent qui fait un certain angle avec l'axe de l'instrument. — M. **E. Roubaud** : *Production et auto-destruction par le fumier de cheval des mouches domestiques.* Le fumier de cheval doit être considéré comme le milieu de développement par excellence de la mouche domestique. Mais seul le fumier frais (de 24 heures) intervient dans la production des mouches. La fermentation protège définitivement le fumier contre la ponte, et l'élévation de température qu'elle produit tue rapidement les larves que le fumier renferme lorsqu'elles n'ont pas émigré pour la nymphose. Un bon moyen de destruction des larves consiste, au lieu de déposer simplement le fumier frais au sortir de l'écurie sur le tas préexistant, à l'enfouir au contact des parties chaudes en le recouvrant complètement d'une couche de 20 cm. de fumier chaud. — M. **J. Rodhain** : *Sur la biologie de* Stasisia Rodhaini *Gedoelst* (Cordylobia Rodhaini). La durée totale de l'évolution du *Stasisia Rodhaini* (mouche qui donne le ver de Lund), à partir de l'œuf jusqu'à la première ponte, exige 57 à 67 jours. La mouche adulte paraît avoir une vie assez longue (34 jours au moins). — M. **P. Vuillemin** : *Différences essentielles entre la Capucine et les Géraniacées.* Les *Tropæolum* ne diffèrent pas seulement des Géraniacées par l'appareil végétatif. Dans la fleur, la position des nectaires est épipétale et non épisépale; le nombre typique des étamines, au lieu de 10, est 8, même dans les fleurs pentamères à corolle régularisée. Par ces caractères fondamentaux, les *Tropæolum* s'opposent, non seulement aux *Pelargonium* zygomorphes, mais encore aux *Biebersteinia* actinomorphes, en dépit de la constitution du pistil. Il faut donc rétablir la famille des Tropéolacées, isolée par A. de Jussieu; elle est sans affinité avec les Géraniacées. — M. **L. Gizolme** : *Influence des algues des filtres à sable submergé sur la composition chimique de l'eau.* L'auteur a constaté que, dans les eaux de filtres à sable submergé, l'alcalinité diminue et l'oxygène augmente du matin au soir, tandis que la nuit c'est l'inverse. Ces variations sont dues à l'action des algues qui, l'été surtout, se développent abondamment à la surface du sable. Sous l'influence de la lumière solaire, la chlorophylle des algues décompose CO^2 en solution, d'où une augmentation de la teneur en O de l'eau et une réduction de l'alcalinité due à la précipitation d'une certaine quantité de $Ca\,CO^3$ insolubilisé par la perte de CO^2. L'eau qui filtre la nuit, influencée par le seul phénomène de la respiration des algues, contient moins d'O et a une alcalinité sensiblement égale à celle de l'eau affluente.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 31 *Août* 1915

M. **A. Chantemesse** : *Sur le vaccin triple de la fièvre typhoïde.* L'auteur signale les résultats obtenus dans la Marine japonaise par l'injection séparée des trois vaccins antityphoïde et antiparatyphoïdes A et B. Cette méthode met efficacement à l'abri de la fièvre paratyphoïde B; d'ailleurs, cette maladie est rarement mortelle, puisque, sur 447 cas observés chez des non-vaccinés, aucun n'a eu une issue fatale. Cette vaccination n'a conféré qu'une prévention modérée contre la paratyphoïde A, qui s'est manifestée 71 fois chez les vaccinés et 218 fois chez les non-vaccinés, beaucoup plus nombreux ; la mortalité a été à peu près la même proportionnellement dans les deux groupes. Le vaccin, en ce qui concerne la vraie fièvre typhoïde, a réduit beaucoup, chez les vaccinés, le chiffre de la morbidité et de la mortalité. Actuellement, les Japonais emploient un seul vaccin mixte, contenant une proportion égale des trois constituants ; on ne connaît pas encore les résultats de ce vaccin triple. L'auteur, pour sa part, préconise un vaccin triple renfermant 50 °/₀ de bacilles d'Eberth, 30 °/₀ de bacilles paratyphoïdes A et 20 °/₀ de paratyphoïdes B, stérilisé par chauffage. — MM. **L. Bérard** et **Aug. Lumière** : *Sur le tétanos tardif.* Les auteurs ont observé d'assez nombreux cas de tétanos tardif chez des blessés qui avaient pourtant reçu, peu après leur blessure, les deux injections réglementaires. Ils recommandent d'administrer, même dans ce cas, une nouvelle dose de sérum antitétanique toutes les fois qu'une intervention chirurgicale devra être entreprise, qui peut provoquer la libération des produits septiques latents dans des plaies suspectes. Depuis l'application de cette règle, les auteurs n'ont plus constaté d'infections tétaniques tardives. — M. **E. Maurel** : *Valeur alimentaire de la farine de froment blutée à* 74 °/₀. L'auteur estime que le pain fabriqué avec une farine de froment ne laissant que 26 °/₀ d'issues aura la même valeur alimentaire que celui utilisé jusqu'à présent avec une farine dont les issues s'élevaient à 28 ou 30 °/₀, et, en outre, qu'il sera plus hygiénique en ce sens qu'il aura de la tendance à régulariser les fonctions digestives. D'autre part, au point de vue économique, chaque gramme de farine de plus qu'on retire de 100 gr. de blé diminue, en France, la consommation de farine de un million de quintaux.

Séance du 7 *Septembre* 1915.

M. **A. Dastre** : *Sur l'osséine.* A propos de la communication de M. Maurin sur ce sujet (voir p. 531), l'auteur montre que l'osséine n'est pas autre chose qu'une gélatine, et que le problème de sa valeur nutritive se confond avec celui de la valeur nutritive de la gélatine, qui est à peu près résolu. Or, la gélatine est un albuminoïde imparfait, qui ne saurait constituer un équivalent ni un substitut des véritables aliments azotés. — MM. **Ch. Achard** et **E. Welter** : *Sur le traitement local des infections fuso-spirillaires par le galyl.* Les auteurs signalent deux cas d'infection fuso-spirillaire de la bouche et des amygdales, avec ulcérations recouvertes d'un exsudat blanc grisâtre, qui ont été traitées avec succès par des applications locales de galyl (tétraoxydiphosphamino-diarsénobenzène). — MM. **P. Delbet** et **Karajanopoulo** : *Action cytophylactique du chlorure de magnésium.* Les auteurs ont constaté que la solution de $Mg\,Cl^2$

anhydre à 12, 1 °/₀ accroît dans une proportion énorme la puissance phagocytaire des globules blancs. Cette action ne se manifeste pas seulement *in vitro*, où l'augmentation observée de la puissance phagocytaire a atteint 180 °/₀, mais aussi dans l'organisme (chien), où elle s'est élevée jusqu'à 333 °/₀.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 3 Juin 1915 (suite)

Sciences physiques. — **M. O. W. Richardson** : *Influence des gaz sur l'émission des électrons et des ions par les métaux chauffés.* Comme on le sait, le courant de saturation thermoionique est exprimé exactement et en général sur de grands intervalles de température par l'équation : $i = A\,T^{1/2}\,e^{-b/T}$. Dans le cas des métaux en particulier, cette équation est satisfaite quand les métaux sont contaminés par la présence d'une atmosphère gazeuse aussi bien que pour les surfaces de métaux purs. En général, toutefois, l'effet de la contamination par les gaz est d'introduire de grandes variations dans la valeur des constantes A et b. Ce sont ces variations que l'auteur a cherché à étudier. D'une façon générale, ses résultats montrent que, pour un métal donné, A et b varient toujours simultanément et de telle façon que la variation du logarithme de A est proportionnelle à la variation de b. Cette variation linéaire est vérifiée très exactement par les résultats de toutes les observations de Langmuir sur le tungstène, substance pour laquelle les variations de A dans les différents gaz peuvent atteindre la valeur 10^{12}. Une relation similaire se vérifie pour l'émission négative du platine. Dans le cas du tungstène, la contamination gazeuse produit une augmentation de A et de b, dans le cas du platine une diminution. En appliquant des considérations thermodynamiques à l'émission des électrons par les surfaces contaminées, on déduit de la relation linéaire entre log A et b que la différence de potentiel de contact entre le métal pur et le métal contaminé est de la forme a_0 $(1 - \alpha\,T)$, où la constante a_0 a des signes opposés pour le tungstène et le platine, et α possède approximativement la même valeur pour les deux métaux ; T est la température absolue.

Séance du 17 Juin 1915

1° Sciences physiques. — **MM. S. Skinner** et **F. Entwistle** : *L'effet de la température sur le sifflement de de l'eau s'écoulant à travers un tube rétréci.* Les auteurs déduisent de leurs expériences que le phénomène du sifflement de l'eau traversant un rétrécissement est dû à une véritable rupture du courant à l'endroit où la pression est la plus basse. Les températures auxquelles le sifflement se produit, entre 0° et 100°, suivent la loi $V = C(\theta - t)$, où V est la vitesse du courant à la température t, θ la température critique de l'eau et C une constante. — **M. T. R. Merton** : *Sur un spectre associé au carbone, en relation avec celui des étoiles Wolf-Rayet.* L'auteur a observé récemment un spectre, associé en apparence au carbone, dont les lignes principales semblent coïncider avec quelques-unes des lignes les plus nettes du spectre Wolf-Rayet. Ce spectre se produit en faisant passer des décharges condensées fortes dans des tubes à vide contenant de l'hydrogène à une pression modérément basse et pourvus d'électrodes de graphite ou de carbone ; on observe d'abord le spectre de l'hydrogène, puis les bandes de l'oxyde de carbone d'Angström, et enfin, lorsque du carbone commence à se déposer sur les parois du tube capillaire, un groupe de lignes dans le jaune-vert, qui constitue le nouveau spectre en question. Ces lignes n'apparaissent pas en l'absence du carbone. — **M. W. M. Hicks** : *Les séries élargies de lignes dans les spectres des terres alcalines.* L'auteur discute les séries élargies des terres alcalines pour trouver leur relation avec l'oune[1]. Dans ce but, il se sert des résultats récemment donnés par Fowler pour Mg, Ca et Sr et aussi des séries correspondantes de Ba et Ra. Il trouve que la quantité Δ', indiquant les séparations des doublets, est donnée avec une grande exactitude en fonction de l'oune par les chiffres suivants : Mg 56 1/2 δ, Ca 68 δ, Sr 58 δ, Ba 56 1/2 δ, Ra 60 1/2 δ, où δ vaut quatre fois l'oune correspondant pour chaque élément. Les séparations des satellites sont aussi des fonctions de la même quantité. L'auteur montre d'autre part que ces séries obéissent aux relations générales données dans une précédente communication, d'après lesquelles la première série p dépend d'un multiple du volume atomique et la série diffuse est telle que les dénominateurs des premières lignes, quand le nombre d'onde est exprimé sous la forme A — N (den)^2, sont eux-mêmes des multiples de Δ' ou de l'oune. — **MM. J. C. Mc Lennan** et **J. P. Henderson** : *Les potentiels d'ionisation du mercure, du cadmium et du zinc et les spectres à une seule et à plusieurs lignes de ces éléments.* Les auteurs ont constaté que les vapeurs de mercure, de zinc et de cadmium émettent un spectre à une seule ligne lorsqu'elles sont traversées par des électrons possédant une certaine quantité d'énergie. Les longueurs d'onde de ces lignes sont : pour le mercure, $\lambda = 2536,72$; pour le zinc, $\lambda = 3075,99$; pour le cadmium, $\lambda = 3260,17$. Les potentiels d'ionisation minimum pour ces trois métaux sont respectivement 4,9, 3,74 et 3,96 volts. Les différences de potentiel d'arc minimum qui produisent les spectres à plusieurs lignes de Hg, Zn et Cd sont de 12,5, 11,8 et 15,3 volts respectivement ; ces voltages sont aussi probablement les potentiels d'ionisation minimum du second type pour les atomes de ces trois éléments. Ces résultats semblent confirmer la théorie de J. J. Thomson des deux types d'ionisation des atomes de mercure et suggèrent qu'elle s'applique aussi à l'ionisation des atomes de Zn et Cd. — **M. A. E. H. Tutton** : *Les sulfates monocliniques contenant de l'ammonium. Achèvement de la série des sulfates doubles.* Dans cette communication, l'auteur décrit les cinq sulfates doubles restants de la série $R^2M(SO^4)^2$. 6 H^2O, où R est l'ammonium et M est un des métaux Ni, Co, Mn, Cu et Cd. Ce travail termine l'œuvre de l'auteur sur les sulfates doubles de cette série. Voici ses conclusions principales : 1° Ces sels d'ammonium sont véritablement isomorphes avec les sels semblablement constitués de K, Rb et Cs de la formule ci dessus, mais ne sont pas eutropiques avec eux. Les sels de K, Rb et Cs forment seuls la série eutropique dans laquelle les propriétés cristallographiques (morphologiques et physiques) obéissent à la loi de la progression avec le poids atomique du métal alcalin. Cette loi est particulièrement bien illustrée par le fait, auquel on n'a trouvé aucune exception, que la variation moyenne des angles entre les faces cristallines et aussi la variation maximum de l'angle interfacial (qui excède 2°) sont directement proportionnelles à la variation du poids atomique quand un métal alcalin est remplacé par un autre. 2° Les dimensions du réseau d'un sel d'Am de la série sont presque identiques à celles du sel de Rb intermédiaire, de sorte que 2 atomes de Rb sont remplacés par les 10 atomes des deux radicaux NH^4 sans altération appréciable des dimensions de la structure cristallographique. 3° Les sels de la série où R = Tl (déjà étudiés antérieurement) ressemblent beaucoup aux sels d'Am et appartiennent à la série isomorphe, mais non à la série eutropique formée par les sels de K, Rb et Cs. Comme les sels d'Am, ils ressemblent aussi beaucoup aux sels de Rb, mais les sels de Tl se distinguent optiquement par leur fort pouvoir réfracteur, leurs indices de réfraction et leur réfraction moléculaire étant bien plus élevée que ceux d'aucun autre sel de toute la série isomorphe. — **M. M. C. Potter** : *Effets électriques accompagnant la*

1. Voir, pour l'explication de ce terme, la mémoire antérieur de l'aut. (*Rev. génér. des Sciences* du 15 octobre 1913, p. 746.)

décomposition des composés organiques. II. L'ionisation des gaz produite durant la fermentation. CO^2 libéré pendant la fermentation du glucose sous l'action de la levure porte des ions positifs et négatifs; et il est probable que les gaz dégagés pendant la putréfaction de la matière organique sont également ionisés. Une partie de l'ionisation de l'atmosphère peut être attribuée à la présence de tels gaz ionisés, dégagés de la terre et de l'eau, et les processus de putréfaction de la Nature exercent sans doute une influence importante sur divers phénomènes électriques.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 27 Mars 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **Jan de Vries** : *Une congruence bilinéaire de courbes gauches rationnelles du cinquième degré.* Les courbes de base des faisceaux d'un réseau de surfaces cubiques forment une congruence bilinéaire. L'auteur considère le réseau particulier dont la base se compose d'une courbe gauche cubique, d'une droite et de trois points. — M. **Jan de Vries** : *Quelques congruences bilinéaires particulières de courbes gauches cubiques.* Les congruences bilinéaires de courbes gauches cubiques peuvent être classées essentiellement en deux groupes; les congruences du premier groupe sont produites par deux faisceaux de surfaces réglées quadratiques, dont les bases ont une droite commune; celles du second groupe se composent des courbes de base des faisceaux, appartenant à un réseau de surfaces cubiques, qui ont en commun un point fixe et une courbe gauche du sixième degré, de genre trois. La congruence de Reye appartient aux deux groupes; elle peut être formée par deux faisceaux de cônes quadratiques. L'auteur considère quelques autres cas particuliers de congruences, qui s'obtiennent aussi au moyen de deux faisceaux de cônes quadratiques. — MM. Jan de Vries et W. Kapteyn présentent un travail de M. **W. van der Woude** : *Sur le théorème de Nöther.* L'auteur donne une démonstration excessivement simple de ce théorème.

2° Sciences physiques. — M. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **P. Ehrenfest** : *Sur l'interprétation cinétique de la pression osmotique.* Démonstration simple, basée sur le théorème du viriel, du fait que, malgré la présence du solvant, les molécules dissoutes d'une solution diluée exercent sur une membrane hémiperméable la même pression qu'elles exerceraient si elles étaient seules et à l'état gazeux parfait. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **L. H. Siertsema** : *La rotation magnétique du plan de polarisation dans le tétrachlorure de titane.* I. L'étude de cette substance est intéressante parce que c'est la seule substance diamagnétique connue dont la rotation magnétique soit négative, que c'est le seul liquide dont la rotation négative puisse être observée sans l'influence perturbatrice d'un solvant et que le spectre visible est presque entièrement exempt de bandes d'absorption. Les mesures ont été faites par une méthode de pénombre avec analyse spectrale; elles se rapportent à diverses longueurs d'onde. Une comparaison des résultats des mesures avec la théorie du phénomène fera l'objet d'une nouvelle communication. — M. H. Haga présente un travail de M. **F. M. Jaeger** : *Sur un nouveau phénomène dans la diffraction des rayons Röntgen par des cristaux biréfringents.* L'étude des röntgénogrammes obtenus avec le tartrate double de sodium et d'ammonium, l'hambergite et la bénitoïte a conduit l'auteur à la constatation du fait très remarquable que, contrairement à ce qui se passe pour les cristaux monoréfringents et les cristaux uniaxes, certains éléments de symétrie, que l'on s'attendrait à trouver d'après les théories de Laue et Bragg, manquent dans les images des cristaux biréfringents. L'auteur en conclut que la théorie de la diffraction des rayons Röntgen est encore incomplète. — MM. P. van Romburgh et H. Haga présentent un travail de M. **F. M. Jaeger** : *Recherches sur le principe de Pasteur concernant la relation entre l'asymétrie moléculaire et l'asymétrie physique.* I. Recherches faites dans le but de démontrer l'exactitude du principe de Pasteur dans le cas le plus simple, où la dissymétrie moléculaire se manifeste uniquement dans le groupement dans l'espace d'éléments égaux. Il s'agissait de prouver que les composants à activités optiques contraires sont énantimorphes. Comme matériaux pour ces recherches, l'auteur a choisi les sels du type $\{Co\,(Aein)_3\}\,X_3$, où X peut varier de diverses façons. Dans cette première partie du travail, il communique le résultat de ses mesures relatives à la rotation moléculaire du plan de polarisation et à la dispersion de cette rotation. — MM. **Ernst Cohen** et **W. D. Helderman** : *La métastabilité de notre monde métallique comme conséquence de l'allotropie et sa signification pour la Chimie, la Physique et la Technologie.* IV. Les chaleurs de réaction des métaux et leurs chaleurs latentes de fusion, que l'on croyait connaître jusqu'ici, sont des données fortuites, qui doivent être déterminées à nouveau pour les modifications pures des métaux. — M. **Ernst Cohen** : *L'allotropie du bismuth.* II. Nouvelles recherches établissant qu'il existe plus de deux formes allotropiques du bismuth. — M. P. van Romburgh présente un travail de M. **A. W. K. de Jongh** : *Action de la lumière solaire sur les acides cinnamiques.* Etude de la transformation de l'acide allocinnamique exposé aux rayons solaires.

3° Sciences naturelles. — MM. F. A. F. C. Went et J. W. Moll présentent un travail de M. **C. E. B. Bremekamp** : *Sur l'influence que les réactions dues à la lumière et à la gravitation exercent les unes sur les autres chez les plantes.* Expériences montrant que, si des plantes sont soumises alternativement à une excitation phototropique et une excitation géotropique, il y a sommation des effets lorsque la durée qui s'écoule entre les excitations est telle que les deux courbures atteignent simultanément leur maximum. Lorsqu'une faible excitation lumineuse et une induction géotropique sont administrées simultanément ou immédiatement l'une après l'autre, la courbure géotropique atteint son maximum avant que la courbure phototropique devienne nuisible et a presque complètement disparu lorsque cette dernière atteint son maximum. Ceci explique les résultats négatifs d'expériences antérieures. — M. **H. J. Hamburger** : *Phagocytes et centre de respiration. Leur conduite vis-à-vis de l'oxygène, de l'acide carbonique et des substances dissolvant les graisses.* Lorsque des phagocytes ont séjourné pendant une demi-heure dans un milieu exempt d'oxygène, la phagocytose est considérablement accélérée. Cette accélération de la phagocytose par manque d'oxygène est analogue à l'augmentation d'activité du centre respiratoire dans les mêmes conditions. Vis-à-vis du cyanure de potassium et de l'acide carbonique, les phagocytes et les cellules du centre respiratoire se comportent également de la même façon. Ceci explique pourquoi des traces de chloroforme et d'autres substances dissolvant les graisses activent la phagocytose. — MM. G. A. F. Molengraaff et K. Martin présentent un travail de M. **H. A. Brouwer** : *Sur l'âge postcarbonifère des granites des Padangsche Bovenlanden.* L'auteur prouve par des exemples que le métamorphisme de contact du granite et de sédiments carbonifères, ou en partie plus récents, est semblable à celui qui est considéré comme une preuve de l'âge plus jeune des granites.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 20 30 OCTOBRE 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Physique appliquée

La visibilité des objets à distance dans l'art militaire. — La conduite des opérations militaires nous révèle chez tous les belligérants un souci constant à la fois de chercher à découvrir, du plus loin qu'il est possible, la position de l'ennemi et de ses installations et de se dissimuler soi-même aux moyens d'investigation de l'adversaire. D'après une récente contribution à notre confrère anglais *Nature*[1], trois principes sont tour à tour mis en application pour atteindre ce but.

Le premier repose sur cette observation générale qu'un objet devient indistinct lorsque son éclat et sa couleur sont identiques à ceux du milieu environnant. C'est pour cette raison qu'on a adopté pour les uniformes modernes des couleurs telles que le gris (gris bleu ou gris vert) et le khaki, qui se confondent bien avec le paysage (le khaki étant le plus efficace sur le terrain nu, le gris ou le vert dans les régions cultivées), tandis qu'on a abandonné le rouge, qui est la couleur la plus perceptible à grande distance.

Toutefois, ces conclusions ne s'appliquent qu'à la pleine lumière du jour. Sous un faible éclairement, l'œil devient plus ou moins aveugle pour certaines couleurs, en particulier le rouge, tandis que le vert et le bleu lui apparaissent d'un gris sale. Aussi une troupe de soldats en uniformes gris vert traversant un pré au crépuscule est-elle excessivement difficile à distinguer.

On voit par là que le problème du choix d'un uniforme invisible est très compliqué, surtout si l'on ne perd pas de vue que des soldats, tout en devenant indistincts pour l'ennemi, doivent rester très visibles pour leurs propres troupes.

Rappelons qu'en plusieurs occasions durant la guerre actuelle des éclaireurs ont utilisé le principe précédent pour remplir leur tâche : ainsi des Allemands se sont revêtus de vêtements blancs pour rester invisibles sur la neige dans la campagne de Pologne, et des Turcs se sont barbouillés de vert la figure et les mains aux Dardanelles pour passer inaperçus dans le feuillage.

Un second principe a été mis à contribution pour assurer la ressemblance avec les surfaces qui changent constamment, comme le ciel ou la mer. Ce principe, qui peut être appelé principe de la « mosaïque », repose sur l'observation que les contours d'un objet deviennent difficiles à distinguer lorsqu'on brouille sa surface avec des bandes et des carreaux. Ainsi la coque et les cheminées des navires de guerre ont été peints en un bleu ardoise, dit « gris de bataille » ; puis des taches noires bigarrées et des lignes serpentines noires irrégulières ont été tracées sur le fond gris. Des expériences de ce genre, tentées récemment par la marine des Etats-Unis, ont été couronnées de succès, et sous peu les dreadnoughts seront rendus complètement invisibles à la distance des batailles navales modernes.

Une combinaison de la bigarrure et de l'imitation du milieu environnant peut être aussi appliquée avec de bons résultats à la dissimulation d'un aérodrome ou de hangars semblables. Par exemple, on peut défricher le terrain environnant et arracher l'herbe par intervalles, en laissant des parcelles nues ; si l'on peint ensuite sur l'aérodrome une mosaïque de brun et de vert, son identification sur le terrain qui l'entoure deviendra très difficile.

Ce principe a été utilisé avec succès par les Allemands dans la protection de leurs tranchées. On a observé qu'ils insèrent des sacs de terre noirs à certains intervalles entre des sacs de couleur plus claire. Ce dispositif en mosaïque rend impossible la localisation de leurs meurtrières.

Il reste enfin une troisième façon de dissimuler les objets, qui serait la plus parfaite de toutes si elle était facilement réalisable : c'est l'emploi de miroirs qui, en réfléchissant le milieu environnant, l'imitent automatiquement.

Cette méthode semble avoir été appliquée sur les derniers zeppelins, qui sont recouverts d'une poudre d'aluminium brillante qui réfléchit le ciel et rend l'aéronat difficile à distinguer à une grande hauteur.

L'application des principes précédents mériterait une

1. *Nature*, t. XCVI, p. 117 ; 30 sept. 1915.

étude scientifique très soignée, car des méthodes de dissimulation bien conçues permettraient d'épargner des milliers de vies de combattants.

Localisation des projectiles dans l'organisme par la radiographie. Méthodes des repères gradués. — On sait que, pour définir la position d'un projectile à l'intérieur du corps, deux épreuves, prises de deux points de vue différents, sont nécessaires. Ces épreuves permettent de déterminer la situation du projectile par rapport aux éléments anatomiques internes ou, mieux, par rapport à des repères métalliques fixés sur la peau. Tout l'intérêt d'une méthode est de réduire au minimum les calculs et les chances d'erreurs.

La caractéristique de celle qu'ont proposée récemment MM. H. Bertin-Sans et Ch. Leenhardt [1] est l'emploi d'une échelle de repères gradués, c'est-à-dire d'une série de repères (fils, grains de plomb, chiffres) fixés sur une toile à des distances respectives fixes, invariables et connues. Ces repères ont pour but de matérialiser, en quelque sorte, sur les clichés, le contour de la peau. Si l'on a eu soin d'indiquer, par un trait à l'encre, la position, sur le corps du sujet, d'un de ces repères, il est facile de retrouver, par des mesures de longueur et de direction à partir de ce repère, le point de la peau qui correspond à un point du cliché.

Le problème posé peut alors se ramener, d'une part à chercher la position des deux points M et N où le faisceau de rayons émané du focus et intercepté par le projectile rencontre la peau, et, d'autre part, à déterminer la distance p du projectile à l'un des points M ou N suivant que ce projectile est plus facilement accessible par l'un ou l'autre de ces points.

Les échelles de repères utilisées par MM. Bertin-Sans et Leenhardt sont de deux sortes : les croix graduées et les bandes graduées.

1° *Méthode des croix graduées.* Les repères sont fixés à des distances connues (2 cm.) sur les deux branches de deux croix en papier toile dont les bras ont chacun 5 centimètres; chaque branche de la croix porte deux repères, un repère spécial indiquant le centre. Les deux croix sont faites avec deux sortes de repères différents, afin qu'on puisse en distinguer nettement les ombres sur le cliché. On les fixe avec du collodion sur la peau de deux faces opposées du sujet (face antérieure et face postérieure, par exemple), en les disposant de façon que, le sujet étant couché horizontalement sur la plaque sensible, leurs centres et le projectile soient approximativement sur la même verticale que le focus de l'ampoule dont on mesure la distance h à la plaque.

On prend une première radiographie, puis on déplace horizontalement l'ampoule d'une longueur connue (10 cm) et on procède à une deuxième épreuve, le sujet demeurant exactement dans la même position. L'opération terminée, on enlève les deux croix, tout en marquant exactement leurs traces sur la peau à l'aide d'un crayon dermographique.

Sur le cliché, on distingue deux ombres de chaque repère antérieur (une pour chaque pose), une ou deux ombres de chacun des repères postérieurs suivant que le repère était ou non en contact avec la plaque photographique, et deux ombres du projectile.

Des calculs très simples, qu'on peut réduire à des lectures à l'aide d'un barème établi une fois pour toutes, permettent de déduire la position du projectile, définie comme il a été indiqué plus haut des mesures effectuées sur le cliché.

2° *Méthode de la bande graduée.* Les repères sont ici des fils métalliques de laiton disposés parallèlement les uns aux autres, à une distance fixe (2 ou 3 cm), sur une bande de toile forte. Ces repères ont des longueurs décroissantes de part et d'autre du repère central OO′ ; de plus, ceux qui sont situés d'un même côté de ce repère portent un signe distinctif de ceux qui sont situés de l'autre. De cette façon, l'ombre de chaque repère est différente et permet de retrouver facilement sur le cliché l'ordre de succession et la situation respective des différents repères dans l'espace. Enfin, les extrémités des repères sont alignées sur un fil métallique simple XX′, qui borde plus ou moins complètement un côté de la bande. Cette bande se fixe autour du membre avec une élastique et l'on marque sur la peau, au crayon dermographique, la direction OO′ et la trace de la ligne XX′ qui doit être, autant que possible, dans le plan normal au membre qui contient le projectile. On prend une première épreuve en mettant la plaque horizontale, le focus se trouvant sensiblement sur la verticale du centre de la section déterminée dans le membre par la ligne XX′. On prend ensuite une deuxième épreuve, la plaque étant verticale et l'ampoule ayant tourné de 90° autour de l'axe du membre.

Il n'est pas nécessaire de mesurer la distance du focus à la plaque, ni de s'astreindre à ce que cette distance soit la même dans les deux poses ; il suffit qu'elle soit assez grande (65 cm. au moins) pour que les rayons issus de l'ampoule puissent être considérés comme normaux à la plaque.

L'examen des deux épreuves permet de situer très rapidement le projectile par rapport aux repères.

La méthode des croix graduées convient dans tous les cas, aussi bien pour les membres que pour le tronc. La méthode de la bande est, au contraire, exclusivement applicable aux membres, à la tête et au cou ; elle ne donnerait pas de bons résultats pour le tronc, car elle nécessite deux épreuves prises dans des plans rectangulaires, et pour le thorax, l'abdomen, l'épaule ou la hanche, la vue de profil est indéchiffrable à cause de la superposition des ombres osseuses. Par contre, chaque fois que la méthode de la bande est applicable, elle a l'avantage de donner la situation du projectile par rapport à deux droites sensiblement rectangulaires et de permettre de choisir, sur les quatre voies d'accès possibles (antérieure, postérieure, interne et externe), celle qui est la plus favorable à l'intervention chirurgicale. La méthode des croix graduées ne fournit pratiquement que deux voies d'accès opposées, l'antérieure et la postérieure : il est vrai qu'on ne saurait guère demander davantage quand il s'agit du tronc.

Le procédé de MM. Bertin-Sans et Leenhardt est appliqué depuis le début de la guerre dans les Services de radiographie de la 16e Région. Il permet de situer les projectiles de l'organisme rapidement, sans calcul, et avec une exactitude tout à fait suffisante dans la pratique. Le matériel nécessaire est des plus simples : en dehors des échelles de repères qu'il est facile de construire soi-même, il se réduit à un support qui permette de mesurer le déplacement horizontal de l'ampoule quand on a recours au procédé des croix graduées ; un support quelconque convient dans tous les cas où l'on peut adopter le procédé de la bande.

A. B.

§ 2. — Electricité industrielle

Observations sur les perturbations des communications radiotélégraphiques. — L'Association britannique pour l'Avancement des Sciences a nommé il y a quelques années un Comité chargé de procéder à une enquête sur les causes des perturbations qui se produisent fréquemment dans les communications radiotélégraphiques, surtout à longue distance. Ce Comité a présenté au Congrès de l'Association, qui s'est tenu en août dernier à Manchester, un Rapport plein d'observations intéressantes, bien que la guerre soit venue fortement contrecarrer les recherches entreprises par le Comité.

En effet, depuis le commencement d'août 1914, les stations privées de T. S. F. de l'Empire anglais ont presque toutes interrompu leurs statistiques, et les stations

1. *Bulletin de l'Académie des sciences et des lettres de Montpellier*, avril-juin 1915.

navales et gouvernementales ont dû renoncer à leurs observations scientifiques. Un certain nombre de stations, toutefois, aux Indes, en Australie, au Canada, aux Antilles et aux États-Unis ont pu fournir des documents. Le programme du Comité de recueillir des statistiques trois fois par semaine sur presque toute l'étendue du globe n'a été appliqué que pendant trois mois, et le projet d'observations spéciales à l'occasion de l'éclipse solaire du 21 août 1914 a échoué presque complètement dans les pays où l'éclipse était visible.

Quoi qu'il en soit, voici quelques-uns des premiers résultats acquis :

Le fait principal et le plus universel est que les ondes égarées perçues dans l'obscurité sont plus nombreuses et plus intenses qu'en plein jour. Si l'on trace des courbes donnant d'heure en heure la perturbation apportée aux communications radiotélégraphiques, le point le plus bas tombe généralement un peu après midi et le point le plus élevé de la partie convexe de la courbe un peu après minuit, dans presque toutes les stations situées au nord de l'équateur.

A certains moments, le fonctionnement des stations est rendu presque ou totalement impossible pendant un certain temps par des ondes égarées d'une intensité et d'une abondance qui surpassent de beaucoup la moyenne. Ces phénomènes sont nommés par abréviation « tempêtes X ». L'analyse des statistiques montre que les tempêtes X ont lieu pendant les mêmes deux ou trois jours sur des aires très étendues. Quelquefois, elles sont simultanées en des stations très éloignées, mais le plus généralement leur apparition a lieu successivement en une série de points. Ces tempêtes X coïncident généralement avec des conditions météorologiques (rapides fluctuations barométriques, en particulier) qui accompagnent ou précèdent les orages et les grains.

La station radiotélégraphique australienne d'Espérance signale que, pendant le jour, la pluie est précédée, dans 80 % des cas au moins, par des perturbations intermittentes; on perçoit des ondes égarées d'intensité variable de 6 heures du matin au coucher du soleil pendant un ou plusieurs jours consécutifs avant les chutes de pluie. Les vents du N W sur les côtes atlantiques, spécialement en hiver, sont associés avec de fortes ondes égarées aux stations irlandaises et en mer. Les mois des plus fortes tempêtes X en Méditerranée sont ceux de septembre et d'octobre, les mois de temps cyclonique.

Dans l'ensemble, les statistiques montrent l'existence de deux catégories de tempêtes X se produisant pendant le jour : 1° des tempêtes produites par des conditions convectives de l'atmosphère à une centaine de milles au plus de la station ; ce sont des tempêtes locales ; 2° des tempêtes dont l'origine est située à une plus grande distance.

En ce qui concerne la première classe, on peut conclure que les observations d'ondes égarées pendant le jour constituent une méthode de perception du bord d'une région de convection météorologique, donc de prévision de l'orage ou de la pluie un ou deux jours d'avance. Cette application est connue depuis longtemps; mais, jusqu'à présent, on attribuait à des décharges électriques à grande distance la cause des ondes égarées perçues à la station, tandis que l'analyse actuelle indique qu'au moins pendant le jour ces ondes sont fréquemment dues à des décharges très locales, souvent trop faibles pour donner naissance à l'éclair et au tonnerre, mais qui marquent très nettement l'approche d'une période d'instabilité de l'atmosphère.

La seconde catégorie de tempêtes X n'est pas d'origine strictement locale. On la note par exemple dans les observations faites à Malte et à Sierra-Leone, qui montrent que, dans certains cas, la même cause affecte à la fois les deux stations, bien qu'elles soient séparées par 4.000 kilomètres.

Les rapports des stations radiotélégraphiques de l'Alaska ne signalent aucune perturbation particulière accompagnant l'apparition ou la disparition des aurores boréales. On ne trouve non plus aucune influence de la période de variation magnétique de 27 jours.

La lampe à arc à vapeur de cadmium. M. H. J. S. Sand a présenté au dernier Congrès de l'Association britannique pour l'avancement des Sciences à Manchester une lampe à arc à vapeur de cadmium, dont il recommande l'usage pour les observations polarimétriques et autres.

Elle est comparable en principe à la lampe bien connue à vapeur de mercure. Elle est construite en verre de quartz, et le cadmium qu'elle renferme est débarrassé d'oxyde et de gaz dissous par un procédé de filtration dans le vide. On l'empêche d'adhérer au verre en introduisant dans la lampe une petite quantité d'une poudre lâche (zircone). Le métal est fondu par un chauffage extérieur avant la mise en marche, et il se maintient à l'état fondu par l'effet calorifique du courant. Une fois en marche, la lampe peut rester en fonctionnement pendant un temps indéfini.

§ 3. — Chimie physique

L'étude des solutions troubles. — Par suite du développement considérable de la Chimie colloïdale depuis quelques années, l'étude des solutions troubles a pris une importance de plus en plus grande. Une des propriétés les plus remarquables de ces milieux a été indiquée par le physicien anglais Tyndall. De même qu'un rayon de soleil pénétrant dans une chambre obscure devient perceptible par la réflexion et la dispersion que lui font subir les particules de poussières en suspension dans l'atmosphère, un rayon lumineux traversant une solution trouble y produit une traînée lumineuse d'un blanc bleuâtre, qui a reçu le nom de phénomène de Tyndall, et qui est en rapport avec la présence de particules microscopiques.

Clausius d'abord, puis Lord Rayleigh d'une façon beaucoup plus complète, ont établi la théorie du phénomène de Tyndall, et ce dernier est parvenu à l'équation :

$$i = \frac{c.v}{\lambda^4 s} K,$$

qui donne l'intensité i de la lumière dispersée en fonction de la concentration c de la solution, du volume v des particules, de leur poids spécifique s, de la longueur d'onde λ de la lumière incidente et d'une constante K.

De nombreux chercheurs ont cherché à vérifier expérimentalement cette théorie, en étudiant les solutions troubles au moyen d'un appareil, nommé *tyndallomètre*, par lequel on détermine le rapport de l'intensité de la lumière tyndallique produite dans le liquide trouble à celle de la lumière excitatrice.

En se servant de cet appareil, M. W. Mecklenburg[1] a fait récemment une série d'essais qui ont porté sur les trois points suivants :

1° *Dépendance de l'effet Tyndall de la concentration.* Les observations ont été faites sur des solutions colloïdales d'acide stannique et de soufre. Elles montrent, conformément à la théorie de Rayleigh, que l'intensité de la lumière tyndallique est directement proportionnelle à la concentration.

2° *Dépendance de l'effet Tyndall de la longueur d'onde de la lumière.* Ce sujet a déjà été étudié par plusieurs savants, qui ont constaté que, lorsque les particules sont très petites par rapport à la longueur d'onde de la lumière, la loi de Rayleigh se vérifie ; pour des particules plus grosses, toutefois, l'intensité de l'effet Tyndall n'est plus inversément proportionnelle à λ^4, mais à λ^2, suivant une relation trouvée autrefois par Clausius.

Les recherches de W. Mecklenburg ont porté sur une série de solutions colloïdales de soufre, dont les particules étaient de différentes grosseurs, mais toutes égales

1. *Die Wissenschaften*, t. III, n° 25, p. 317 et suiv. 18 juin 1915.

dans une même solution ; les longueurs d'onde des diverses lumières monochromatiques utilisées variaient de 631 à 532 $\mu\mu$. Dans les solutions contenant les particules les plus fines (diamètre : 93 $\mu\mu$), c'est la relation de Rayleigh qui se vérifie ; dans les solutions à grosses particules (diamètre : 246 $\mu\mu$), c'est, au contraire, la relation de Clausius qui exprime le phénomène ; dans les solutions à particules intermédiaires (diamètre : 135 $\mu\mu$), c'est le produit $[i]\lambda^3$ (d'ailleurs sans signification théorique) qui aurait une valeur à peu près constante.

3° *Dépendance de l'effet Tyndall de la grosseur des particules.* D'après la formule de Rayleigh, l'intensité de l'effet Tyndall est directement proportionnelle au volume des particules. Dans deux solutions de même concentration, mais dont les particules ont des volumes différents, si l'on connaît le volume dans l'une, on peut calculer le volume dans l'autre d'après le rapport des intensités de l'effet Tyndall. L'auteur a cherché à vérifier cette conclusion sur 9 solutions colloïdales de soufre, où le diamètre des particules, déterminé par divers procédés, variait de 5 à 840 $\mu\mu$. Pour les 4 premières (particules de 5 à 30 $\mu\mu$), les déductions de la loi de Rayleigh se vérifient très exactement ; pour les deux suivantes (particules de 42 et 93 $\mu\mu$), il y a un écart assez grand, encore inexpliqué ; pour les dernières, la loi de Rayleigh ne se vérifie plus du tout.

Il résulte de ces dernières mesures que, lorsqu'on connaît la grosseur des particules d'un liquide trouble, on peut, au moyen de l'effet Tyndall, déterminer la concentration des particules dans la solution, et vice-versa. Le tyndallomètre est donc destiné à prendre une grande importance en Chimie colloïdale, où la détermination de la grandeur des particules joue un rôle fondamental et ne peut pas toujours être effectuée à l'ultramicroscope.

Cinématographie du mouvement brownien. — A l'Exposition nationale des Industries chimiques qui s'est tenue pendant la dernière semaine de septembre au Nouveau grand Palais central de New-York, M. D. T. Pierce [1], au cours d'une conférence sur l'asphalte, a présenté quelques remarquables vues cinématographiques du mouvement brownien des colloïdes de l'asphalte de la Trinité.

Ces vues ont été obtenues en reliant la lentille de la chambre cinématographique avec l'oculaire d'un ultramicroscope, ce qui a permis de reproduire sur le film les mouvements perçus par l'œil à travers le microscope. C'est la première fois, croyons-nous, que la cinématographie est appliquée à la reproduction du mouvement brownien ; elle rendra sans doute de grands services dans l'étude de celui-ci.

§ 4. — Chimie appliquée

L'influence du titane sur les propriétés de l'acier. — Depuis quelques années, l'emploi du titane dans la fabrication de certains aciers a acquis une grande importance. Il ne semble pas qu'on ait préparé, tout au moins sur une échelle commerciale, des « aciers au titane » proprement dits, c'est-à-dire des aciers dont les propriétés soient caractéristiques d'une certaine teneur en titane. Mais ce métal, généralement sous forme de ferrocarbure, est ajouté à l'acier en petites proportions, à la fois comme désoxydant, pour lui donner une plus grande pureté, et comme agent diminuant la ségrégation, et conférant par conséquent une plus grande homogénéité ; la faible quantité de titane qui reste dans l'acier ne dépasse généralement pas 0,025 %.

C'est au traitement de l'acier pour rails que le titane a été surtout utilisé jusqu'à présent. L'amélioration des propriétés mécaniques réalisée ressort des chiffres suivants, communiqués récemment par M. G. F. Comstock [2] :

	Rails non traités	Rails traités
Limite élastique	56,071	59,738
Résistance finale	118,138	124,857
Elongation	12,8 %	13,1 %
Réduction de surface	14,3 %	15,4 %
Dureté de Brinell	220	226
Résistance au choc (machine de Frémont)	1,47	1,58
Endurance (*a*)	1.312	1.280
Endurance (*b*)	16.550.920	23.923.628

a) Par la machine Landgraf-Truner (flexions alternatives avant rupture).

b) Par la machine White-Souther (révolutions avant rupture).

L'auteur n'estime pas toutefois que les aciers traités au titane soient supérieurs aux meilleurs rails non traités ; mais le traitement élève sans aucun doute le type moyen de qualité, en augmentant l'uniformité et faisant disparaître les ségrégations et impuretés dangereuses.

L'analyse chimique confirme d'ailleurs cette conclusion. Des déterminations du carbone ont été faites, sur 79 rails non traités et 31 rails traités, en deux endroits : au coin supérieur de la tête et à la jonction de la tête et de l'âme. La différence moyenne entre ces deux points s'est élevée à 17 % pour les rails non traités, avec un maximum individuel de 40 %, tandis que pour les rails traités la différence moyenne n'a été que de 3,1 %, avec un maximum de 11,5 %.

Les observations d'usure faites par les compagnies de chemins de fer ont toujours été favorables aux rails traités par le titane. Ainsi, sur une forte courbe du *Boston Elevated Railway*, des rails traités posés alternativement avec des rails ordinaires de même composition ont présenté une usure de 41 % plus faible après 214 jours de service. Sur le *Rock Island Railway*, les rails traités au titane ont perdu en 17 mois par abrasion 0,014 pouce carré de leur section, tandis que les rails en acier électrique ont donné dans les mêmes conditions une perte de 0,058 pouce carré et les rails ordinaires une perte de 0,075 pouce carré.

On a reconnu de même l'avantage de l'emploi du titane pour purifier le métal et prévenir la ségrégation dans l'acier pour essieux. On l'utilise encore avec succès comme désoxydant pour les pièces d'acier et pour l'acier doux pour plaques et feuilles minces. Il est préférable aux autres désoxydants, car il ne laisse pas de produits d'oxydation dans l'acier, comme l'aluminium et le silicium ; les lingots se laminent mieux et les feuilles finies présentent une surface plus douce, qui est très appréciée pour la galvanisation par exemple.

Le bronze turbadium. — L'usage s'est récemment introduit en Angleterre d'une nouvelle sorte de bronze, dit « turbadium », pour la fabrication des pièces de propulseurs résistantes.

Il possède approximativement la composition suivante : Cu, 48 % ; Zn, 46, 45 ; Sn, 0,5 ; Pb, 0,1 ; Fe, 1,0 ; Al, 0,2 ; Mn, 1,75 ; Ni, 2,0.

Sa résistance à la traction est de 35 à 42 tonnes par pouce carré et son allongement de 14 à 20 %.

L'eau de mer ne le corrode pas d'une façon appréciable, et sous ce rapport il possède un avantage marqué sur la plupart des alliages habituellement employés. On sait, en effet, que la corrosion d'une aube de propulseur peut diminuer la vitesse d'un navire d'un demi-nœud par heure.

Influence de l'humidité et de la température sur la sensibilité des plaques. — D'après M. R.-J. Wallace, la sensibilité des plaques au bromure d'argent humidifiées devient une fois et demie plus faible que celle des plaques sèches. Si les plaques sont complètement mouillées, la sensibilité est réduite à 0,517, en prenant pour unité celle des plaques sèches.

1. *Electrical World*, t. LXVI, n° 13, p. 708 ; 25 sept. 1915.
2. *Chemical News*, t. CXII, n° 2915, p. 179 ; 8 oct. 1915.

Suivant M. H. Farmer, on augmente la rapidité des plaques, ainsi que la finesse des détails de l'image, en desséchant complètement l'émulsion. Celle-ci, bien que sèche en apparence, contient néanmoins une certaine quantité d'eau, et il suffit de très petites différences dans cette quantité pour modifier le résultat. On obtient la dessiccation en plaçant les plaques, un peu avant de les exposer, dans une étuve à 90° ou simplement sur un bain de sable. Cette méthode est surtout recommandée pour les travaux scientifiques qui demandent une grande finesse de détails.

L'influence de la température est minime, dans les conditions habituelles, entre 0° et 30°. De 30° à 50°, la sensibilité ne s'accroît qu'extrêmement peu. Les plaques très sensibles sont moins influencées que les plaques lentes. De 50° à 80°, les plaques rapides se voilent plus ou moins, au développement. Le voile devient complet à 100°. Gœdicke a observé que, si l'on chauffe à 80° une plaque déjà exposée, l'image latente est détruite.

L'influence du froid est encore plus marquée. Si l'on représente par 100 la sensibilité à 0°, on observe les variations suivantes, à des températures inférieures :

Température	Sensibilité
0°	100
— 3°	90
— 5°	85
— 8°	75
— 10°	65
— 12°	62
— 15°	55
— 18°	50
— 20°	45

§ 5. — Géologie

Le prétendu desséchement progressif de la Terre. — La théorie d'après laquelle l'influence physique dominante sur le globe serait un lent desséchement paraît tout d'abord possible et même probable. Il est hors de doute qu'à une époque géologique récente d'énormes régions ont subi l'influence d'un changement climatique qui fit fondre les glaciers de l'époque glaciaire. A ces glaciers succédèrent des lacs et des marais, en quantité telle qu'on pourrait appeler cette période post-glaciaire la « période des lacs ». La période actuelle serait, de l'avis d'un certain nombre d'explorateurs et de savants, une période de desséchement. Si ce desséchement se poursuit, il pourra avoir son retentissement sur quantité de problèmes géographiques importants, à la fois physiques et politiques, et entraîner, par exemple, l'émigration des peuples hors du centre des continents, vers le littoral.

M. Gregory, en une intéressante étude[1], a résumé les arguments qui peuvent ou non faire croire à un desséchement du globe.

Tout d'abord, les faits en faveur d'un desséchement paraissent écrasants. Il est impressionnant de voir à quel point les lacs et les marais de l'Asie disparaissent rapidement : des plaines, jadis fertiles, se trouvent converties en déserts, les rivières cessent de couler, et les ruines de cités autrefois florissantes se trouvent enfouies dans le sable. Ces changements, constatés par divers explorateurs (W. T. Blanford, Huntington, le Major Molesworth Sykes, Sven Hedin), prouveraient que la chute pluviale dans l'Asie Centrale a diminué et diminue encore. Le phénomène n'est d'ailleurs pas limité à l'intérieur des continents, et des changements analogues ont lieu sur les côtes méditerranéennes : en Palestine, par exemple, le niveau abaissé de la Mer Morte fournit la preuve de la diminution des eaux. De même, dans l'Amérique du Nord, quantité de lacs ont diminué de superficie : des dunes de gypse marquent les rivage de lacs qui se sont complètement desséchés.

Au fond, d'après M. Gregory, « les arguments ci-dessus énumérés en faveur d'un changement de climat sont peu consistants, et tous peuvent s'expliquer autrement ».

Ainsi, on a souvent dit que l'agriculture en Palestine a été ruinée par une diminution de la chute pluviale. En réalité, la moyenne pluviale, pour Jérusalem, est de 65 cm., c'est-à-dire autant qu'à Londres, et la plupart de ceux qui connaissent le mieux la géographie physique de la Palestine (Hilderscheid, George Adam Smith, Hellmann, A. Watt) assurent que la chute pluviale est la même aujourd'hui qu'aux temps bibliques, la même comme quantité et comme distribution dans l'année. L'invariabilité des régions où sont cultivables la vigne et le dattier en est une nouvelle preuve. Il n'est pas douteux, d'ailleurs, que la Palestine ait eu un climat plus humide, mais c'était pendant la période pluvieuse dont il nous reste des preuves géologiques tout autour de la Méditerranée du Sud, c'est-à-dire bien avant l'époque préhistorique, et la Mer Morte, en particulier, était à son niveau actuel en 333 ap. J. C.

L'Egypte nous offre aussi des faits d'uniformité climatique continue : les auteurs classiques, comme Hérodote, décrivent des conditions géographiques de ce pays exactement semblables à celles d'aujourd'hui ; parmi les archéologues, M. Flinders Petrie nous décrit le Nil des temps préhistoriques traversant son delta entre des dunes de sable ; et les géologues sont unanimes pour considérer que les conditions d'aridité actuelles ont régné sans changement depuis fort longtemps (quatorze mille ans, d'après Hume) avant les temps préhistoriques en Egypte.

En Grèce et en Cyrénaïque, il y a des traces d'une période plus humide. Mais c'était avant l'époque de l'homme paléolithique et il est probable que ces pays n'étaient pas plus humides qu'actuellement aux temps de la civilisation antique.

Dans deux études récentes sur les changements climatiques récents dans l'Amérique du Nord, M. Mendenhall assure que les faits cités à l'appui du desséchement dans les Etats du Sud-Ouest sont dus à un récent soulèvement du pays et ne constituent pas une preuve d'un changement climatique général. M. Alden conclut même que « le changement actuel, s'il y en a un, semble être dans le sens d'un climat plus humide ».

Des faits frappants témoignant d'une augmentation de pluviosité nous sont fournis par le Groenland, dont la côte, qui est à présent stérile et presque inhabitée, a possédé pendant bien des siècles une nombreuse colonie norvégienne, avec des églises, des cloîtres, une cathédrale et un évêché : on attribue ce changement à une augmentation de la chute des neiges et à l'expansion résultante des glaciers.

En Asie Centrale, on admet généralement qu'il y a eu, à l'époque préhistorique, une période de desséchement général. Mais il n'est pas aussi certain que ce desséchement continue encore.

« Il est indubitable, conclut M. Gregory, qu'il a dû y avoir beaucoup de grandes variations locales dans le climat post-glaciaire, mais je ne vois nulle part de preuves évidentes d'un desséchement universel ou même assez général pendant la période historique... Une réduction universelle de la chute des pluies ne pourrait résulter que d'une diminution de la chaleur que nous envoie le Soleil, ou encore d'un très grand changement dans les proportions de la terre et de l'eau sur le globe. Comme rien ne prouve que l'un ou l'autre de ces deux phénomènes se soit produit à une époque récente, une diminution universelle de la chute pluviale est impossible. Tous les faits peuvent être expliqués par des changements dans la distribution locale de la pluie, la quantité se trouvant accrue dans certains endroits et diminuée dans d'autres. »

1. *Scientia*, avril 1915.

LA PROPAGATION DES ONDES ÉLECTRIQUES A LA SURFACE DE LA TERRE

ET LA COUCHE IONISÉE DE L'ATMOSPHÈRE

L'hypothèse d'après laquelle la couche supérieure de l'atmosphère est ionisée et forme une surface réfléchissante pour les ondes électriques semble avoir été d'abord formulée par G. F. Fitzgerald[1] et par O. Heaviside[2], sans que ceux-ci aient assigné aucune cause à l'ionisation. La même idée a été utilisée par A. E. Kennelly[3], et surtout par Ch. Ed. Guillaume[4], avec plus de détails, pour expliquer la télégraphie sans fil à grande distance; ils considèrent que l'espace dans lequel les ondes électriques se propagent est confiné en grande partie dans une sorte de coquille sphérique d'un milieu diélectrique, dans lequel les ondes sont guidées par la couche ionisée et la terre conductrice, de façon à voyager sans grande perte d'énergie, comme ce serait le cas si la propagation avait lieu suivant trois dimensions. L'objet de cet article est de développer la même idée, en rendant compte du processus d'ionisation et de sa variation diurne. Si l'on admet la réflexion partielle des ondes électriques par la couche ionisée, on peut résoudre dans leurs traits généraux les problèmes de l'influence singulière de l'approche du lever et du coucher du soleil sur les signaux de t. s. f., de la différence dans le degré de transmission le long des méridiens et des parallèles, de la présence des rayons égarés, et d'autres sujets connexes.

I

La première question qui demande un examen soigné est celle du siège de l'agent ionisant et du processus et des conditions dans lesquelles la couche supérieure de l'atmosphère terrestre est ionisée. L'existence d'une telle couche et la capture constante de corpuscules ionisants semblent démontrées par les expériences de Birkeland[5] et par les conclusions théoriques de Störmer[6]. Celui-ci a calculé les orbites des corpuscules électrisés, dont nous avons de fortes raisons de croire que la surface solaire émet un flux abondant. Les solutions compliquées obtenues pour ces orbites, suivant la vitesse initiale des corpuscules, la direction d'émission et la force du champ qui agit sur eux, acquièrent une haute importance lorsqu'on les confronte avec les expériences faites par Birkeland avec un aimant sphérique artificiel bombardé par des rayons cathodiques dans un grand récipient où l'on a fait le vide. Quoique ces expériences aient eu pour but à l'origine d'expliquer l'apparition de l'aurore boréale, les problèmes qu'elles résolvent sont en relation intime avec la question que nous discutons. L'existence de zones aurorales peu distantes des pôles magnétiques, correspondant aux bandes corpusculaires, l'existence de trois taches dans la « terrella » de Birkeland, les draperies des aurores, les anneaux de corpuscules autour de l'équateur magnétique et d'autres faits ont été prouvés par une suite de raisonnements mathématiques dérivant des équations électromagnétiques usuelles.

Les objections qui peuvent être élevées contre ce mode de traitement du problème sont la négligence de l'action magnétique du Soleil, qui est d'ailleurs d'une grandeur douteuse, et sa condition électrisée, car nous avons des raisons de croire qu'il est chargé positivement, comme l'a admis Arrhénius[1]. La variation de l'afflux des corpuscules électrisés par le Soleil et leur capture par la Terre doivent modifier le potentiel mutuel entre ces deux corps célestes, de sorte que la force agissant sur les corpuscules électrisés sera sans doute aussi sujette à des variations accompagnant l'activité solaire. Le résultat quantitatif devra être examiné plus en détail, mais les traits généraux des phénomènes observés sur la surface terrestre ne seront pas matériellement altérés, comme l'indiquent suffisamment les observations actuelles sur les variations du magnétisme terrestre, l'aurore polaire et les phénomènes connexes. Je propose d'introduire parmi ces derniers les phénomènes observés pendant la transmission des messages de t. s. f.

Quand nous parlons du bombardement des corpuscules électrisés émis par le Soleil, il semble que le processus n'ait lieu que pendant le

1. Fitzgerald : British Association, 1893.
2. Heaviside : Theory of electric Telegraphy. *Encycl. Brit.*, t. XXXIII, p. 215 ; 1902.
3. Kennelly : *Electrical World*, 1902.
4. Ch. Ed. Guillaume : *Rev. gén. des Sciences*, t. XV, p. 165; 1904.
5. Birkeland : Expédition norvégienne pour l'étude des aurores boréales, 1901 ; et mémoires divers dans les *C. R. de l'Acad. des Sc. de Paris*.
6. Störmer : *Arch. des Sc. phys. et nat.*, t. XXIV, pp. 5, 113, 221, 317 (1907) ; mémoires divers dans les *C. R. de l'Acad. des Sc. de Paris*, spécialement du 26 octobre 1908.

1. Arrhenius : *Transact. of the Internat. Electrical Congress*, Saint-Louis, t. I, p. 272 (1904).

jour, et soit confiné à la partie de la surface terrestre tournée vers le Soleil, tandis que l'hémisphère sombre est soustrait à ce bombardement, de sorte que la différence de l'effet entre le jour et la nuit doit être très prononcée, en ce qui concerne l'ionisation par les corpuscules électrisés. Or le mérite spécial du calcul de Störmer réside en ceci, que la capture des corpuscules électrisés ne varie pas beaucoup, que la Terre soit tournée vers le Soleil ou à l'opposé. Les expériences de Birkeland confirment également ces résultats, de sorte que le bombardement de la Terre par les corpuscules, par conséquent l'ionisation de la couche supérieure de l'atmosphère due à cette cause, ne diffèrent pas beaucoup pendant le jour et la nuit, ce qui peut sembler au premier abord extrêmement paradoxal.

J'ai montré ailleurs[1] comment on peut rendre compte de l'émission abondante de corpuscules électrisés par la présence de nuages et de facules de calcium dans le Soleil, en considérant qu'une action analogue à celle de la cathode de Wehnelt dans un tube à vide a lieu sur une échelle colossale à la surface solaire. L'afflux de corpuscules de la surface solaire sera continuellement soumis à des changements divers, et l'effet qui doit en résulter directement ou indirectement sur la surface terrestre sera également ressenti sur celle-ci, qu'elle soit tournée vers la lumière ou qu'elle soit dans l'ombre.

L'ionisation de l'atmosphère supérieure n'est pas limitée à celle que produisent les corpuscules, mais l'extrémité ultra-violette du spectre solaire y prend aussi une part importante. Cette part n'opère que durant le jour; ce qui reste pendant la nuit n'est que le résidu de l'ionisation produite pendant le jour et non encore neutralisée par la recombinaison des ions. Suivant les observations de Dorno[2], de Wigand[3] et d'autres, la portion du spectre solaire dont la longueur d'onde est moindre que 0,29 μ est complètement absorbée dans l'atmosphère aux altitudes supérieures à 9.000 m. L'absorption peut avoir lieu en partie dans la photosphère, mais la radiation d'un corps noir à 6.000° C. pour des longueurs d'onde inférieures à 0,29 μ comprend une portion considérable de l'énergie totale émise, comme le montre une construction simple de la courbe d'énergie suivant la loi de Planck. Nous avons de bonnes raisons de croire que l'énergie de la radiation ultra-violette est principalement dépensée dans la production de l'ionisation de l'atmosphère, probablement au-dessus de 10 km. d'altitude. Les observations électrométriques faites par Wigand[1] dans une ascension en ballon montrent que le degré d'ionisation n'augmente pas d'une manière directement proportionnelle à la hauteur, mais que la vitesse d'accroissement s'accélère rapidement lorsqu'on s'élève à 7 ou 9 km. de la surface terrestre. Il est probable que le gradient augmente encore, jusqu'à atteindre un maximum, puis diminue ensuite.

Comme le sondage de l'électricité atmosphérique n'est pas possible actuellement à des hauteurs de 20 à 30 km., où la température peut encore être enregistrée automatiquement, on ne dispose pas de moyens expérimentaux au delà de 9 km. pour s'assurer de la condition de l'ionisation de l'atmosphère. La couche d'ionisation maximum due à un rayonnement ultra-violet peut être estimée approximativement à 50 km., altitude où la pression atmosphérique est un peu moindre qu'un millimètre et correspond à la pression à laquelle le potentiel d'étincelle dans l'air est minimum dans les expériences ordinaires avec les tubes à vide. Cette couche est située dans la stratosphère[2], non loin de la sphère à hydrogène; la région dans laquelle ces corpuscules sont en majeure partie capturés se trouve probablement dans la sphère à hydrogène et dans le géocoronium de Wegener, s'il existe à des hauteurs de 200 à 500 km. C'est généralement dans des sphères aussi élevées de l'atmosphère que se produisent les décharges aurorales, comme le prouvent amplement les diverses mesures faites par les observateurs norvégiens.

L'ionisation due aux rayons ultra-violets étant confinée surtout à la région relativement basse, la recombinaison des ions aura lieu très rapidement, dès que la cause ionisante cessera d'agir. L'effet se fait donc sentir tout particulièrement près du coucher et du lever du Soleil.

L'ionisation de l'atmosphère supérieure étant régie par ces deux causes, il est naturel de supposer l'existence d'une couche ionisée, non loin de la surface terrestre, qui, pendant le jour, se trouve probablement à une hauteur égale à environ la centième partie du rayon terrestre, et pendant la nuit, de longueur variable suivant les conditions solaires, à une hauteur dépassant le double de la précédente. La position de cette couche n'est d'ailleurs pas bien définie géométriquement, car la transition ne se fait pas brusquement; c'est seulement par rapport à la couche moyenne que nous raisonnerons dans la suite.

1. NAGAOKA : *Proc. Tokyo mathem.-phys. Soc.*, t. VIII, p. 397 (1914).
2. DORNO : Licht und Luft des Hochgebirges, 1911.
3. WIGAND : *Ber. d. deutsch. physik. Gesells.*, t. XV, p. 1090 (1913).

1. WIGAND : *Ibid.*, t. XVI, p. 232 (1914).
2. WEGENER : Thermodynamik der Atmosphäre, 1912.

II

L'existence d'une telle couche doit provoquer une absorption aussi bien qu'une réflexion des ondes électriques incidentes. La réflexion par cette couche ionisée sera, dans ses traits généraux, analogue à celle du son par les nuages, les fourrés, les rideaux, et formera une sorte de « galerie des murmures » autour de la Terre. Cette dernière analogie a été mise en lumière par Eccles[1].

Une portion de l'onde électrique arrivant sur la couche ionisée sera également transmise à travers elle, de sorte que l'énergie émise par l'excitateur se propagera en partie dans l'espace, en partie dans l'enveloppe comprise entre la Terre et la couche ionisée. La densité de l'énergie de la radiation électromagnétique dans une telle enveloppe décroît d'une façon inversement proportionnelle à la distance de l'excitateur, et non pas en raison inverse du carré de la distance, comme dans le cas de la propagation dans l'espace à trois dimensions. Quoique le coefficient de transmission à travers la couche ionisée ne soit pas connu, la loi précédente pour la décroissance de l'énergie avec la distance doit être approximativement exacte. Sommerfeld[2] a discuté l'existence de l'onde superficielle, dont l'énergie décroît suivant la loi de la proportion inverse, comme pour la propagation dans l'enveloppe. On admet généralement que les trains d'ondes se propagent de la manière d'abord indiquée par Hertz avec son excitateur double; mais, si l'on suppose l'existence d'une couche réfléchissante à une distance équivalant à 20 ou 30 longueurs d'onde, le mode de propagation devient beaucoup plus compliqué, par suite des réflexions multiples dues à la couche ionisante et à la surface de la Terre, de sorte que l'arrondissement de l'onde suivant la courbure de la Terre est un problème dont la nature n'est pas facile à expliquer ni par la diffraction, ni par l'onde de surface, ni par l'augmentation de la vitesse de propagation dans la partie supérieure de l'atmosphère. L'existence de ces phénomènes ne peut être mise en doute; mais les opinions diffèrent quant à leur importance relative. L'hypothèse de la couche ionisée apporte un grand appui à l'explication non seulement de ces phénomènes, mais aussi des divers aspects des signaux sans fil.

Il peut sembler d'abord que, pendant le jour, la couche ionisée est sujette à des variations dépendant des conditions météorologiques. Tout près de la surface terrestre, l'intensité de la lumière solaire est extrêmement variable, par suite des précipitations dans les nuages et les brouillards et de la distribution des particules de poussière disséminées dans l'atmosphère. L'observation montre que la hauteur où l'extrémité ultraviolette du spectre solaire est absorbée est en dehors de la troposphère et probablement bien supérieure à la couche isotherme, hypothèse d'accord avec la forte absorption des rayons de Schumann dans les expériences de laboratoire. La variation ressentie est seulement due au changement d'intensité de la lumière solaire, laquelle, quoique inconstante, n'est pas aussi fréquemment sujette aux perturbations causées par l'émission corpusculaire résultant de l'activité solaire. Cela montre nécessairement que la position de la couche ionisée pendant le jour est plus constante que durant la nuit.

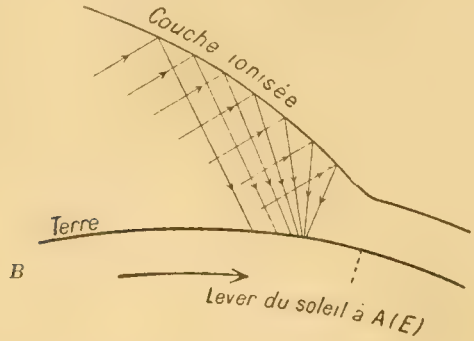


Fig. 1.

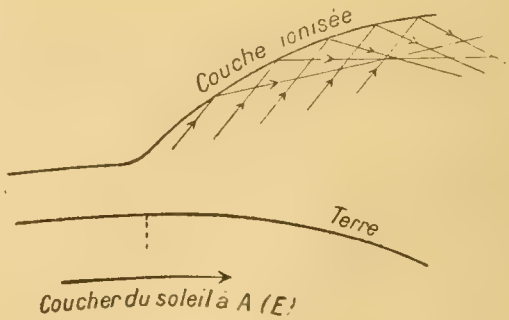


Fig. 2.

En adoptant la conclusion précédente, nous pouvons représenter, d'une façon simple, la section de la couche ionisée dans la direction E-W par des courbes comme celles des figures 1 et 2.

La transition de la supérieure à l'inférieure, ou vice versa, au lever et au coucher du Soleil, n'est pas discontinue, mais a lieu très rapidement, de sorte qu'il y a un changement abrupt de la courbure de la surface. Pendant ce stade, les ondes électriques venant de B (loin à l'ouest de A) sont

1. Eccles : *Proc. Royal Soc.*, A, t. LXXXVII, p. 79 (1912).
2. Sommerfeld : *Ann. der Phys.*, t. XXVIII, p. 665 (1909).

réfléchies par la surface concave de la couche de transition et concentrées vers la station A (à l'est) lorsque le lever du Soleil approche, en produisant un effet maximum passager (fig. 1). Très probablement, il se forme une caustique de rayons électriques pendant ce processus. Quand ce faisceau se dirige vers la couche inférieure après réflexion par la surface terrestre, il se produit un minimum transitoire si A est dans une position telle qu'il borde l'angle de la couche ionisante (non représentée dans les figures). Donc, à la station A recevant le signal de B, il y aura un effet maximum suivi d'un minimum avant et après le lever du Soleil. Au coucher du Soleil, la courbure, pendant la transition, est tournée dans la direction inverse, et n'est pas favorable à la réflexion. On peut ressentir un léger effet maximum dû à la diffraction à l'angle, mais quelque temps après le coucher les ondes électriques sont réfléchies plus loin vers le haut, de sorte qu'il se produit un minimum accusé (fig. 2). En recevant les signaux de A à B, l'effet sera ressenti dans l'ordre inverse. Notons que le signal de A, quelque temps avant le lever du Soleil, sera partiellement concentré par la surface réfléchissante concave vers une station distante de plusieurs multiples de la hauteur de la couche, tandis qu'on n'observe aucune action analogue après le coucher du Soleil. Quand les stations expéditrice et réceptrice sont séparées par de telles couches de transition, l'effet sur les signaux est très compliqué; il dépend surtout de la hauteur de la couche ionisée dans l'obscurité.

Comme la couche ionisée se trouve très bas pendant le jour, les ondes électriques sont réfléchies de nombreuses fois, et à chaque réflexion dispersées, transmises à travers la couche et absorbées à un certain degré ; il en résulte que les ondes sont fortement mélangées et que leur effet est très amoindri. Pendant la nuit, la couche ionisée est plus variable que durant le jour, et il est impossible de tirer des conclusions définies. D'une façon générale, par suite de la plus grande altitude de la couche réfléchissante, les ondes peuvent se propager librement, et comme le nombre des réflexions est beaucoup moindre que pendant le jour, il se produit moins de pertes dans la transmission d'une station à une autre. La couche réfléchissante est en majeure partie composée de corpuscules électrisés mélangés avec de la matière très atténuée ; aussi le pouvoir réfléchissant est plus élevé que celui qui est dû à l'ionisation par les rayons ultra-violets. Donc, en général, les signaux seront beaucoup mieux transmis pendant la nuit, fait connu depuis que la t. s. f. a été mise en pratique.

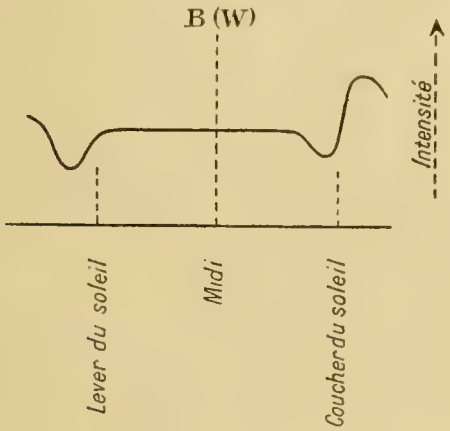


Fig. 3.

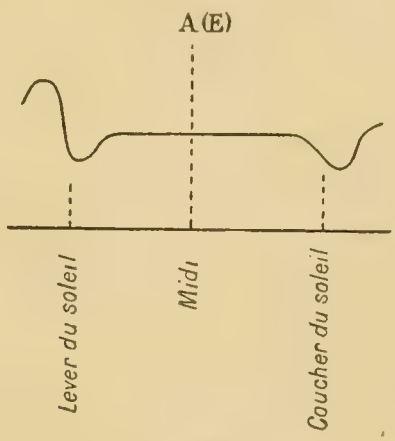


Fig. 4.

Le résultat de la discussion qui précède peut être convenablement représenté par les diagrammes des figures 3 et 4, qui concordent en gros avec ceux donnés par Marconi d'après les communications transatlantiques.

III

J'ai supposé la couche réfléchissante unie aussi bien pendant le jour que la nuit ; mais c'est là seulement une première approximation. La couche, étant très basse durant le jour, doit être soumise à l'influence des conditions météorologiques et présenter des plissements locaux, comme on en observe souvent, d'après Helmholtz, dans les « vagues de vent ». L'existence de tels plissements constitue un grand obstacle aux communications sans fil, car ils donnent généralement lieu à une diffraction. Pour s'affranchir d'un pareil effet, il est préférable de travailler avec des ondes dont la longueur soit beaucoup plus grande ou plus petite que la dimension du plissement. Peut-être le profit obtenu avec les

ondes longues pendant le jour est-il attribuable à cette cause.

Pendant la nuit, la capture des corpuscules est d'une nature complexe, comme le montrent les diagrammes de Störmer, et les plissements sont de dimensions beaucoup plus grandes que de jour; aussi il est avantageux d'utiliser des ondes relativement courtes pour éviter l'effet de la diffraction et recevoir des trains d'ondes réguliers. Pour une condition donnée de la couche ionisée, il existe un optimum de longueur d'onde à employer. Il peut exister d'autres causes qui justifient l'emploi d'ondes longues pendant le jour et d'ondes courtes la nuit; mais l'apparition occasionnelle de rayons égarés semble principalement due à ces plissements.

On s'est demandé si les gaz raréfiés de l'atmosphère supérieure participent à la rotation de la Terre, comme s'ils lui étaient rigidement fixés, ou non; la vitesse énorme des nuages argentés observés à une hauteur de 40 ou 50 km. après l'éruption du Krakatoa est en faveur de la seconde hypothèse. Si les plissements se forment dans des régions assez élevées pour être soustraits partiellement à la rotation de la Terre, la réflexion par la surface plissée présentera de faibles maxima et minima à intervalles alternés : c'est ce qu'on enregistre généralement dans l'observation des rayons égarés.

Donc un phénomène ressemblant aux draperies de l'aurore boréale se présente de temps à autre dans la distribution corpusculaire de l'atmosphère supérieure, et contribue à la formation de rayons égarés. L'existence d'un tel phénomène est appuyée par les observations spectroscopiques du ciel clair, dans lequel on trouve les lignes du krypton, qu'on observe généralement aussi dans le spectre de l'aurore.

En ce qui concerne la transmission sans fil sur différents parallèles, il faut remarquer qu'aux hautes latitudes l'ionisation due aux corpuscules électrisés est extrêmement compliquée au voisinage des zones aurorales, de sorte que la forme de la surface réfléchissante décrite plus haut n'est qu'une grossière approximation. La complexité ainsi introduite par l'accumulation des corpuscules sur un point particulier accroîtra sans nul doute la difficulté des communications dans les régions polaires.

La zone équatoriale, au contraire, n'est pas soumise à une distribution aussi complexe des corpuscules. Si l'on se fie aux expériences de Birkeland et aux calculs de Störmer, l'existence d'une ceinture de corpuscules près de l'équateur magnétique n'est pas un obstacle aux communications, car la couche réfléchissante n'est pas très altérée. Il est très probable que, jusqu'à quelque distance de l'équateur, la transmission dans la direction E.-W. est plus facile que dans la direction N.-S., la couche étant plus unie dans la direction des parallèles que dans celle des méridiens. Il ne faut pas oublier, toutefois, que dans les zones équatoriales les perturbations fréquentes et violentes de l'électricité atmosphérique compensent et au delà les actions de la couche réfléchissante, de sorte que les observations doivent être interprétées d'un autre point de vue qui ne rentre pas dans le cadre de ce travail.

Quant à la transmission sans fil dans la direction du méridien (N.-S.), la section de la couche réfléchissante n'y change pas brusquement de courbure, de sorte que la transmission doit avoir lieu beaucoup plus facilement que dans la direction E.-W. A l'approche du lever ou du coucher du Soleil, les ondes seront réfléchies latéralement, ce qui affaiblira l'effet des signaux. C'est un désavantage, mais la communication sans fil à grande distance est généralement plus favorable dans la direction méridienne que dans celle des parallèles. Cette conclusion semble avoir été confirmée par les transmissions entre l'Irlande et l'Amérique du Sud.

En ce qui concerne les variations saisonnières dans l'intensité des signaux, il faut remarquer qu'excepté sous les hautes latitudes la position de la couche ionisée ne varie pas beaucoup au cours de l'année, et que les variations se produisent seulement de nuit. D'après Mosler[1], il y aurait deux maxima et minima dans l'intensité des signaux au cours d'une année. Ceux-ci sont sans doute en relation directe avec la capture par la Terre des corpuscules électrisés, mais d'autres causes subsidiaires, ainsi que les dispositifs expérimentaux, doivent contribuer à cet effet, de sorte qu'il serait prématuré d'ébaucher une théorie sur ce sujet dans l'état actuel de nos connaissances.

IV

De la discussion précédente, il résulte que le Soleil est la cause principale des divers phénomènes qui accompagnent la transmission sans fil. D'après H. Ebert, l'oscillation électrique du Soleil possède une période propre de 6 $^1/_2$ secondes. Il semble très probable que, durant la période de grande activité solaire, l'excitation électrique du Soleil puisse se propager dans l'Univers sous forme d'ondes électriques. Dans ce cas, les personnes occupées aux communications sans fil pourraient rencontrer parfois des signaux

1. Mosler : *Electrotechn. Zeits.*, n° 35, 1913.

spontanés en accord avec la vibration solaire. Si cette onde était transmise à travers la couche ionisée et observée ainsi, ce serait une grande contribution à l'Astrophysique, qui ouvrirait la voie à la perception de la pulsation électrique du Soleil et serait d'une aide efficace pour découvrir la condition de la couche ionisée. La difficulté réside dans l'accord de l'antenne à la réception d'ondes d'aussi longue période. Nous avons expérimenté jusqu'à présent avec des ondes excitées sur la surface terrestre et réfléchies par le bord inférieur de la couche ionisée. Si l'onde électrique du Soleil peut être réellement observée à la surface de la Terre, c'est l'onde transmise à travers l'atmosphère ionisée. L'importance d'une telle étude serait considérable pour notre connaissance du Soleil et de la manière dont l'atmosphère est ionisée.

L'effet des éclipses de Soleil sur la transmission sans fil s'explique également d'une manière très simple.

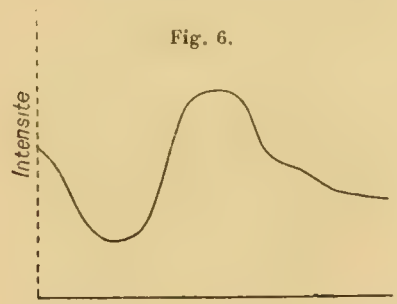
Il semblerait que, si les corpuscules se meuvent en ligne droite vers la Terre, l'arrivée des agents ionisants est temporairement suspendue pendant l'éclipse, et que l'effet doit en être ressenti dans l'intensité de la transmission sans fil. Mais, comme on l'a déjà vu, les corpuscules suivent des trajectoires extrêmement compliquées avant d'atteindre la Terre, de sorte que leur nombre n'est pas beaucoup affecté par l'interposition de la Lune entre le Soleil et la Terre, comme le montre aisément l'inspection des courbes de Störmer.

L'altération de l'ionisation de l'atmosphère terrestre a lieu par l'interception de la lumière

Fig. 5.

solaire. La couche ionisée s'élève graduellement dans les régions supérieures jusqu'à ce que la totalité soit atteinte. Celle-ci est confinée à une région étroite de l'ombre et ne dure que quelques minutes; mais, comme la recombinaison n'a pas lieu instantanément, la totalité aura déjà passé avant qu'une modification accusée se soit produite dans la couche ionisée, et la couche reprendra graduellement sa position en sortant de la pénombre. Il se produira donc une lente altération dans l'intensité des signaux, due à la perturbation de la couche ionisée, donnant probablement naissance à un faible plissement. La section transversale de la couche ionisée pendant une éclipse solaire prend la forme indiquée dans le diagramme de la figure 5. La portion de la couche se trouvant dans la pénombre sera légèrement concave vers la Terre, avec un léger plissement au-dessus de la région de totalité. La durée de la totalité étant généralement inférieure à 7 minutes, la recombinaison des ions ne sera jamais complète dans une aussi courte période; aussi le résultat de l'interception de la lumière suffit à expliquer l'apparition d'un plissement dans la partie de la couche ionisée où le cône d'ombre rencontre la Terre. En se basant sur la condition de la perturbation de la couche ionisée, il y aura une légère action de concentration vers la position de l'éclipse totale, si la transmission des ondes électriques a lieu transversalement à la ligne de l'éclipse. En employant le même genre de raisonnement que dans la discussion de l'effet du lever et du coucher du Soleil, il est évident que l'intensité des signaux sera affaiblie au commencement de l'éclipse, re-

Fig. 6.



montera, atteindra un maximum, puis décroîtra graduellement. La figure 6 donne la courbe représentant l'intensité des signaux à une station subissant une éclipse totale. Les enregistrements obtenus par la Société Telefunken[1] ressemblent à la seconde moitié de cette courbe.

Il est nécessaire de remarquer que, lorsque les éclipses ont lieu dans les saisons de forte perturbation de l'électricité atmosphérique, l'effet attribuable à l'éclipse doit être probablement masqué et qu'on n'obtiendra aucun résultat défini. Je ne connais pas encore les observations relatives à l'effet de l'éclipse du 21 août 1914, mais il me semble très probable qu'on n'a tiré encore aucune conclusion des observations faites dans les différentes stations, même si elles n'ont pas été troublées par la guerre, car le mois d'août est affecté de fortes variations saisonnières, dont la cause principale doit être attribuée à l'électricité atmosphérique.

H. Nagaoka,
Professeur à l'Université de Tokyo.

1. *Telefunkenzeitung*, n° 6, p. 89 (1912).

LA TARIFICATION DE L'ÉLECTRICITÉ

I. — La vente a forfait et la vente au compteur

Lorsqu'une ville traite avec une usine électrique pour l'éclairage public, le prix annuel en est généralement déterminé à l'avance. On connaît, en effet, le nombre des lampes à alimenter, ainsi que les heures d'allumage et d'extinction aux différentes époques de l'année. Il est donc facile d'établir un contrat à forfait.

Dans les installations privées, au contraire, ce mode de tarification, assez répandu autrefois, tend actuellement à disparaître. Les premières stations centrales ne distribuaient le courant qu'en vue de l'éclairage et seulement pendant une partie de la soirée; la plupart étaient d'ailleurs établies au milieu d'agglomérations de faible importance, et beaucoup empruntaient sans grands frais la force hydraulique d'une chute ou d'un cours d'eau voisins. L'abonné avait alors la lumière à sa libre disposition pour un certain nombre de lampes et payait à l'usine une somme fixe. Le contrat ainsi établi offrait, en somme, peu d'aléas, en raison de la régularité de la consommation et de ce fait que les variations possibles n'avaient pas une grande importance, un léger surcroît de débit n'augmentant pas sensiblement les frais d'exploitation.

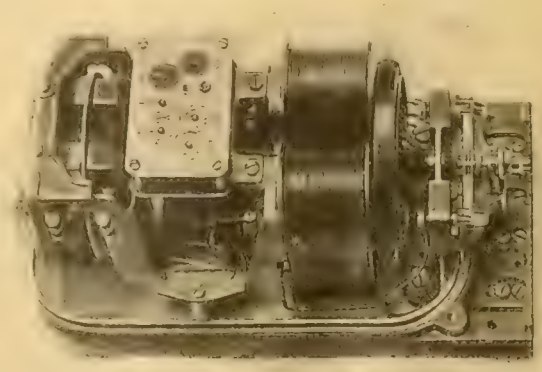
Aujourd'hui, les conditions sont bien différentes, surtout dans les grands centres. Malgré le développement qu'a pris l'utilisation de la *houille blanche*, la plupart des usines électriques font usage de moteurs à vapeur, et la dépense de combustible est proportionnelle à la quantité d'énergie distribuée. En outre, ces usines fonctionnent sans interruption, et l'abonné a la faculté de consommer à toute heure du jour et de la nuit, tantôt pour un éclairage restreint, tantôt pour un éclairage abondant, tantôt pour le chauffage ou pour la mise en marche d'un moteur. Le débit, loin d'être régulier, est caractérisé par des variations continuelles, suivant la saison, suivant le temps, suivant l'heure de la journée, et pour des causes impossibles à prévoir.

Dès lors, si le courant était laissé sans restriction à la disposition du consommateur moyennant une somme fixée une fois pour toutes, le tarif serait presque toujours ou trop onéreux pour l'abonné ou insuffisamment rémunérateur pour la station. D'autre part, si l'on convient de limiter les heures d'allumage et d'extinction, ainsi que l'intensité du courant fourni, on laisse le champ libre à la fraude. Dans les rares cas où l'on a encore recours à ce mode d'abonnement, le forfait est soumis à des garanties ou tempéré par certains correctifs que nous indiquerons plus loin.

Le mieux est évidemment de faire payer à chacun une somme proportionnée à sa consommation réelle. Ainsi comprise, la tarification de l'énergie électrique semble, à première vue, aussi simple que celle du gaz ou de l'eau sous pression. En réalité, elle se prête à des combinaisons beaucoup plus variées, soit qu'il s'agisse de simplifier l'instrument de mesure, afin de le rendre moins coûteux et de multiplier ainsi les abonnements, soit que l'usine distributrice s'efforce d'obtenir le meilleur rendement de son matériel, en favorisant la consommation surtout aux heures de faible débit.

II. — Compteurs d'énergie électrique

Le moyen le plus sûr de connaître exactement la somme d'énergie consommée pendant un laps de temps déterminé chez un abonné est de placer à l'entrée de son installation un wattheuremètre. Des combinaisons mécaniques assez nombreuses ont été proposées pour effectuer cette mesure. Comme tous les wattmètres, ces instruments comportent deux enroulements exerçant l'un sur l'autre une influence réciproque. L'un de ces enroulements, formé d'un conducteur de section appropriée au débit maximum prévu, est directement intercalé dans le circuit; l'autre est constitué par un fil fin connecté en dérivation et suffisamment résistant pour que l'intensité y soit pratiquement proportionnelle au voltage.



[illegible] compteur d'énergie électrique.

Nous ne décrirons pas les compteurs basés sur le fonctionnement combiné d'un wattmètre et

d'un mouvement d'horlogerie. Ces instruments, assez compliqués et délicats, tendent d'ailleurs à disparaître, et l'on s'en tient aujourd'hui à peu près exclusivement aux compteurs-moteurs, dont la figure 1 reproduit un des modèles les plus récents et les plus répandus.

Le courant à mesurer traverse l'inducteur, formé de deux bobines à gros fil. L'induit, branché en dérivation, est composé de bobines à fil fin reliées à un collecteur en argent sur lequel s'appuient deux balais argentés très souples. Le circuit de l'induit comprend, en outre, une certaine longueur de fil fin bobiné avec l'inducteur, de manière à compenser l'effet des frottements et à assurer le démarrage à faible débit. Le couple moteur est ainsi constamment proportionnel au produit de l'intensité par la force électromotrice, et la vitesse de rotation est maintenue proportionnelle à ce produit au moyen d'un disque de Foucault en aluminium monté sur le même arbre que l'induit et tournant entre les pôles très rapprochés de deux aimants.

L'arbre commande, par une vis sans fin, le mouvement des aiguilles qui marquent, sur des cadrans directement gradués en hectowattheures et en fractions d'hectowattheure, la quantité d'énergie consommée.

Les constructeurs garantissent le démarrage au 1/200 de la charge maximum, et un maximum d'erreur de $\pm 3\%$ au 1/20 de cette charge.

Ce compteur peut être utilisé aussi bien sur les réseaux à courants alternatifs que sur ceux à courant continu. Il résulte de la disposition relative de l'induit et des inducteurs que tout travail retourné à la station est décompté automatiquement. Ainsi, dans le cas où l'on fait usage d'accumulateurs, s'il y a retour de courant, l'induit marche à rebours, et le totalisateur démarque. Il déduit de même, dans les distributions par courants alternatifs, l'énergie restituée par suite des différences de phases entre les courants et les forces électromotrices sur les circuits à self-induction.

Le défaut du wattheuremètre, c'est, outre son prix d'achat relativement élevé, la consommation d'électricité qui s'y effectue continuellement, sans profit pour la station ni pour l'abonné. Les bobines en dérivation absorbent nuit et jour une quantité d'énergie qui n'est jamais inférieure à 2 ou 3 watts et qui atteint souvent 10 watts. Supposons-la seulement de 5 watts, en moyenne. Ceci représente une consommation de 120 wattheures par jour et de 438 hectowattheures par an. Dans un secteur qui dessert 5.000 abonnés, on arrive ainsi à un total annuel de 2.190.000 hectowattheures. L'énergie gaspillée de la sorte représente, au tarif de 10 centimes l'hectowattheure, une recette de 219.000 francs.

Chez les abonnés qui n'utilisent le courant que pour l'éclairage et qui reçoivent peu ou s'absentent souvent, la consommation faite à vide par le compteur représente parfois, au bout de l'année, une somme supérieure à celle que l'instrument a servi à enregistrer. Le cas se présente chez tout abonné qui ne procure pas une recette moyenne d'environ 44 francs, au tarif de 0 fr. 10 l'hectowattheure.

III. — Compteurs de quantité

Les inconvénients que nous venons de signaler ont conduit les électriciens à remplacer, dans beaucoup de petites installations, les compteurs d'énergie par des compteurs de quantité ou ampèreheuremètres, qui sont plus simples, moins coûteux, et ne consomment rien à vide.

Evidemment, cette solution n'est pas applicable partout. Il faut y renoncer, notamment, dans

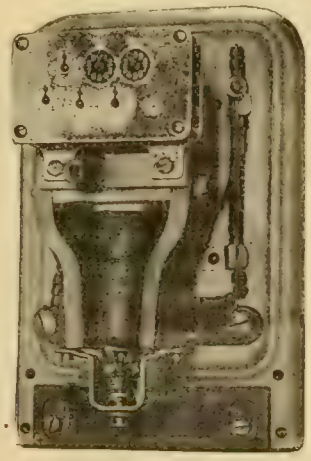


Fig. 2. — *Compteur de quantité.*

les distributions par courants alternatifs alimentant des moteurs, à cause des décalages qui déterminent des écarts souvent considérables entre la puissance apparente et la puissance réellement fournie. Mais, dans les distributions par courants continus, le voltage reste suffisamment constant pour qu'on puisse considérer l'énergie dépensée comme pratiquement proportionnelle au nombre de coulombs absorbés.

Le compteur de quantité a été réalisé de bien des manières; car, outre les dispositifs mécaniques appliqués aux compteurs d'énergie, divers inventeurs y ont utilisé des phénomènes d'électrolyse. C'est ainsi qu'Edison évaluait la consommation en pesant des électrodes en zinc, Waterhouse en totalisant sur un cadran les déplacements verticaux d'une cloche à siphon recueillant les

gaz dégagés d'un voltamètre, et Grassot en enregistrant l'usure d'un fil d'argent vertical dont la pointe inférieure servait d'anode. Toutes ces combinaisons sont, sans doute, très ingénieuses; cependant, la tendance actuelle est à l'emploi exclusif des compteurs-moteurs, comme pour les wattheuremètres, dont les compteurs de quantité se distinguent par la suppression du fil en dérivation.

La figure 2 représente un de ces instruments, désigné sous le nom de compteur O'K. L'induit tourne dans le champ très intense d'un aimant permanent; il est branché aux bornes d'un shunt parcouru par le courant d'utilisation, et l'arbre vertical qui le porte engrène par une vis sans fin avec une série de rouages totalisateurs.

En réalité, ce compteur n'enregistre que des coulombs, des ampèreheures, et les chiffres marqués par les aiguilles devraient être multipliés par la différence de potentiel mesurée à l'entrée de l'installation; cependant, comme cet élément reste pratiquement invariable, un réglage préalable de l'instrument permet de graduer directement les cadrans en hectowattheures. Bien entendu, les indications ainsi recueillies ne sont exactes que si le voltage ne s'écarte pas trop de celui pour lequel le compteur a été établi.

Comme le voltage normal décroît, sur les réseaux étendus, à mesure que l'on s'éloigne du centre de distribution, le compteur O'K peut être muni d'un shunt magnétique, constitué par une lame de fer plus ou moins rapprochée des pôles magnétiques. Une échelle graduée indique les positions à donner au shunt pour les différentes valeurs de la tension.

IV. — Compteurs horaires

Dans les installations où le débit ne varie pas, soit que l'abonné ne dispose que d'une seule lampe ou qu'il en ait plusieurs fonctionnant toujours simultanément, il suffit de totaliser les heures de consommation, à l'aide d'un des dispositifs suivants :

1° Un mouvement d'horlogerie ordinaire, avec ressort moteur que l'on remonte périodiquement, chaque mois par exemple, actionne les aiguilles du totalisateur. L'échappement est enclenché par l'armature d'un électro-aimant branché dans le circuit. Dès que le courant passe, l'attraction de l'armature déclenche l'échappement, et l'horloge marche tant que le circuit reste fermé.

2° Le même mouvement d'horlogerie est enclenché et déclenché par l'interrupteur du courant, monté à cet effet sur le compteur même, les deux appareils n'en faisant qu'un.

3° Le mouvement d'horlogerie est actionné, non plus par un ressort, mais par le courant, ce qui dispense des remontages périodiques, et ne fonctionne par conséquent qu'à circuit fermé, l'interrupteur étant alors, comme dans le premier cas, indépendant du compteur. La figure 3 montre un spécimen de cette dernière catégorie,

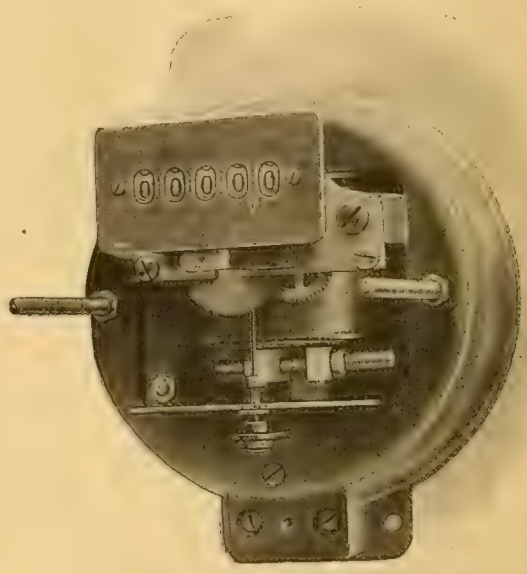


Fig. 3. — *Compteur horaire.*

construit pour courants alternatifs. C'est un moteur d'induction à vitesse constante, constitué par un disque de cuivre tournant dans l'entrefer d'un électro-aimant. L'arrêt immédiat du moteur est assuré par une lamelle de fer qui frotte sur le disque, lorsque l'électro n'est pas excité. L'énergie absorbée est d'environ 1 watt par 100 volts, à la fréquence 50.

Le compteur horaire est, sans contredit, celui qui convient le mieux aux très petites installations, car tout autre appareil de mesure serait trop cher, et la mensualité de sa location majorerait beaucoup trop le prix de l'énergie consommée. C'est uniquement par l'emploi de ces modestes horloges, dont le prix est de 20 à 50 francs, que certaines stations parviennent à recruter un grand nombre de petits abonnés.

Lorsque l'installation comprend deux ou trois groupes d'appareils, les appareils d'un même groupe marchant toujours ensemble, on peut employer un compteur horaire pour chaque groupe.

Enfin, les compteurs horaires servent parfois à contrôler la durée de fonctionnement de certains appareils, dans une installation importante dont un compteur général enregistre la consommation totale. C'est ainsi que, dans des hôtels, un compteur horaire correspondant à chaque chambre

indique la dépense de courant faite par chaque voyageur.

V. — Allumeurs-extincteurs automatiques

Quand les heures de consommation sont les mêmes chaque jour, pendant toute l'année ou tout au moins pendant des périodes assez longues, le compteur horaire peut être remplacé par un appareil automatique fermant et ouvrant le circuit aux moments voulus. Dans ce cas, la redevance à payer par l'abonné est fixée d'avance, ainsi que les heures d'allumage et d'extinction, qui varient généralement suivant les saisons. Cette combinaison s'applique, notamment, à l'éclairage d'un escalier, d'une vitrine de magasin ou d'une voie publique.

L'allumeur-extincteur automatique (fig. 4) est constitué par une horloge dont le cadran, divisé

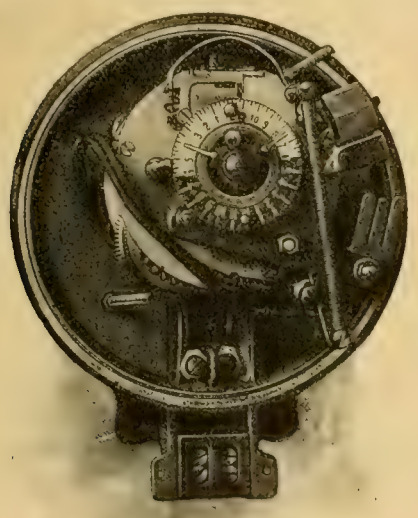


Fig. 4. — *Allumeur-extincteur automatique.*

en 24 heures, tourne en regard d'un index fixe et détermine chaque jour, à l'heure convenue, la fermeture et l'ouverture de l'interrupteur. A cet effet, des lames de contact sont portées par un levier dont les déplacements sont commandés par deux cames montées sur le même axe que le cadran. Ces cames ne sont pas immuablement fixées sur l'arbre, mais peuvent être déplacées, à l'aide d'alidades que l'on amène sur les heures d'allumage et d'extinction. Ce réglage étant effectué, les cames sont rendues solidaires du cadran par le serrage d'une vis.

Un bouton sert à faire tourner le cadran, pour le remettre à l'heure, en cas de déréglage.

VI. — Limiteurs de débit

L'abonnement à forfait ou au compteur horaire, ainsi que l'allumage et l'extinction automatiquement réglés, supposent que le débit ne varie pas, pendant toute la durée de fonctionnement des appareils. L'abonné paie alors, pour chaque heure d'utilisation du courant, une somme proportionnée à ce débit.

Dans ces conditions, il est essentiel que l'abonné ne change pas le débit prévu au contrat, en substituant aux appareils convenus d'autres appareils consommant davantage, et qu'ayant souscrit, par exemple, pour des lampes de 10 bougies, il ne les remplace pas par des lampes de 30 bougies.

Dans le but d'empêcher la fraude, on a proposé l'emploi de douilles spéciales, munies d'un cachet de sûreté qu'il faut briser pour remplacer la lampe. Cet expédient a été reconnu peu pratique. En effet, quand la lampe s'éteint subitement, par suite de la rupture du filament, l'abonné est mis dans l'impossibilité d'effectuer lui-même le remplacement de l'ampoule hors d'usage; il est obligé d'avoir recours aux agents de l'usine et reste privé de lumière jusqu'à leur arrivée.

Pour limiter automatiquement le débit, il suffit d'intercaler dans le circuit de l'installation un disjoncteur électro-magnétique réglé de manière à couper le courant, aussitôt que son intensité dépasse le maximum convenu. L'appareil est très simple, peu coûteux et d'une efficacité certaine.

Cependant, ce n'est pas là la meilleure solution, car l'abonné a parfois des motifs sérieux d'augmenter momentanément sa consommation habituelle, et il serait tout disposé à payer, le cas échéant, une taxe supplémentaire. C'est pour combler cette lacune du contrat à forfait et de l'abonnement à l'heure qu'ont été construits les compteurs de dépassement.

VII. — Compteurs de dépassement

Ces compteurs enregistrent la quantité d'énergie électrique consommée par l'abonné au-dessus d'une puissance fixée. Cette quantité d'énergie supplémentaire est facturée à un tarif préalablement convenu.

L'appareil représenté par la figure 5 est un compteur-moteur dont l'arbre porte un cylindre de nickel tournant entre les masses polaires d'un aimant permanent. La partie mobile, en tournant sous l'action d'une charge suffisante, se trouve soumise à un couple antagoniste proportionnel à

l'énergie dépensée par hystérésis dans le cylindre de nickel. Le travail d'hystérésis par révolution étant constant pour une valeur donnée du champ dans lequel tourne le cylindre de nickel et indépendant de la vitesse angulaire de ce dernier, il s'ensuit que le couple antagoniste est

Fig. 5. — *Compteur de dépassement.*

lui-même constant et indépendant de la vitesse de rotation du moteur. Par conséquent, le compteur ne pourra démarrer que sous une charge égale ou supérieure à celle qui est capable d'équilibrer le couple antagoniste et n'enregistrera que l'excédent de la charge réelle sur la charge correspondant au point de dépassement.

Le réglage du point de dépassement s'effectue en déplaçant l'aimant dans le sens vertical, de façon à faire varier le champ dans lequel se meut le cylindre de nickel.

VIII. — Compteurs a tarifs changeants

La plupart des cahiers des charges imposent aux concessionnaires de distribution d'énergie électrique un tarif maximum pour l'éclairage et des tarifs plus réduits pour le chauffage ou la force motrice. Les exploitants ont, du reste, intérêt à accorder des tarifs de faveur pour les applications qui utilisent le courant aux heures de moindre charge.

Afin d'éviter la dépense, trop élevée, de deux ou trois compteurs, on a songé à totaliser sur les mêmes cadrans la somme due pour l'énergie distribuée à des prix différents. Une seule dérivation est prise sur la ligne, mais elle est divisée, dans l'appareil, en autant de circuits qu'il y a de tarifs, et chacun de ces circuits est bobiné de telle façon que l'effet moteur produit par une quantité déterminée d'électricité soit proportionnel au tarif correspondant. Il suffit, dès lors, que les différents circuits soient séparés les uns des autres à partir du compteur, pour que les dépenses respectives s'ajoutent, sur le même cadran, avec leur valeur propre.

Souvent, le tarif change, non plus avec l'objet de la consommation, mais suivant l'heure de la journée. L'importance des capitaux engagés oblige les compagnies d'électricité à utiliser leur matériel sans interruption, autant que possible; de là l'usage des rabais consentis pour l'énergie fournie en dehors des heures de grand débit. On emploie dans ce cas un compteur muni de deux totalisateurs distincts, un pour chaque tarif. L'arbre du moteur est mis en relation avec l'un

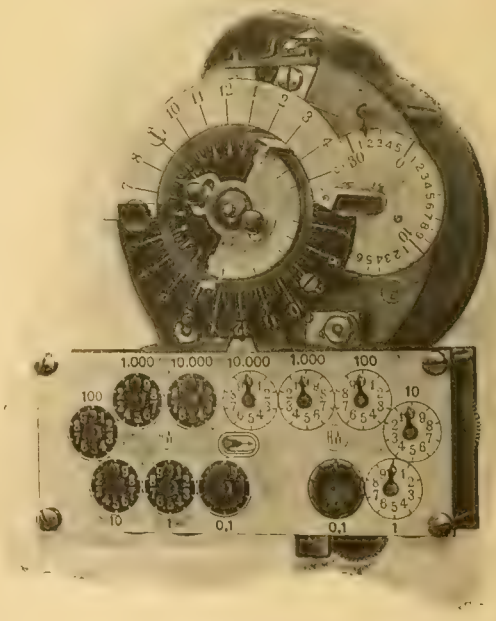


Fig. 6. — *Totalisateur à double tarif.*

ou l'autre des totalisateurs, suivant l'heure de la journée. Le passage d'un tarif à l'autre est déterminé au moyen d'une horloge (fig. 6) analogue à celle de l'allumeur-extincteur automatique. Ce dispositif peut être également combiné pour trois tarifs différents.

Cependant, la courbe de consommation, sur l'ensemble de la plupart des réseaux, subit des fluctuations bien plus nombreuses, et, pour engager les abonnés à la rendre plus uniforme, on a construit des appareils qui réduisent le tarif dans le même rapport que la charge totale de l'usine. Tel est le but du compteur à tarification variable (fig. 7). Deux totalisateurs,

indiquent respectivement le nombre d'ampère-heures ou d'hectowattheures consommés et la somme due par le client pour sa consommation, somme calculée à chaque instant d'après un tarif qui varie avec la charge totale supposée de la distribution. Les modifications de tarif sont effectuées

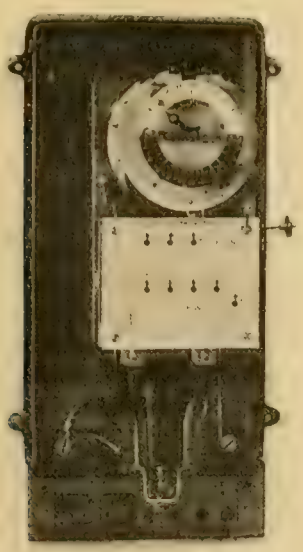


Fig. 7. — *Compteur à tarif variable.*

au moyen d'une came qui déplace un coin servant d'organe de transmission de mouvement entre l'arbre moteur et le système totalisateur de la somme à payer. Une aiguille dont la position varie avec celle du coin, indique à chaque instant, sur une échelle, le tarif appliqué (prix de l'ampèreheure ou de l'hectowattheure).

Le profil de la came est établi par le constructeur de l'appareil, suivant la forme de la courbe des variations journalières de la charge du réseau.

IX. — Indicateurs de maximum

La production et la vente de l'énergie électrique s'effectuent dans des conditions toutes différentes de celles du gaz, qui peut être fabriqué d'une façon régulière et continue pendant toute la journée et emmagasiné dans des réservoirs, pour être ensuite débité à n'importe quel moment, selon les besoins des consommateurs.

Le rendement médiocre de l'accumulateur électrique et son prix trop élevé d'achat et d'entretien ne permettent point de l'assimiler à un gazomètre. Les stations centrales sont obligées de produire l'énergie que les abonnés consomment, au fur et à mesure de leurs besoins, et sont par suite dans la nécessité de posséder un matériel et d'employer un personnel suffisant pour pouvoir produire, le cas échéant, une quantité de courant correspondant au débit maximum de toutes les installations réunies.

Il ne suffit donc pas d'envisager la consommation totale de chaque abonné : il faut encore tenir compte de la façon dont fonctionnent ses appareils et de l'importance du matériel que l'usine engage pour en assurer le service. Prenons le cas, par exemple, de trois abonnés consommant annuellement la même quantité d'énergie, tout en ayant des installations très différentes. Le premier a, je suppose, 200 lampes, dont la plupart sont répandues dans des salles de réception et ne sont allumées qu'en de rares occasions. Le second en a 100, qui sont éclairées chacune en moyenne 2 heures par jour. Enfin, le troisième n'en a que 10, mais elles ne sont jamais éteintes. Bien que les recettes fournies par ces trois abonnés soient égales, il est évident que le dernier est beaucoup plus avantageux pour la station que le premier, qui nécessite un matériel vingt fois plus important et très rarement utilisé.

On a cherché à restreindre le capital improductif, soit en exigeant un minimum de consommation pour chaque lampe, soit en proportionnant à l'importance de l'installation le chiffre au delà duquel un tarif réduit est accordé. Il est certain que l'abonné trouve ainsi avantage à utiliser ses lampes le plus possible ; mais, par contre, il est amené à limiter son installation électrique aux lampes dont il a besoin presque constamment, et préfère garder un autre mode d'éclairage pour les passages, escaliers, cabinets ou chambres à coucher. Cette solution n'est donc pas favorable à l'extension des affaires des stations centrales.

Il est plus avantageux d'accorder à l'abonné

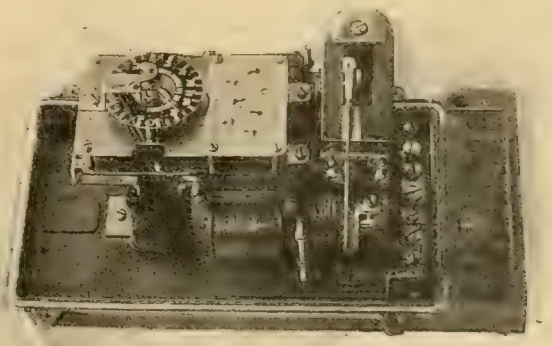


Fig. 8. — *Indicateur de maximum.*

des rabais proportionnés à l'utilisation de la puissance maximum prévue au contrat. Dans ce cas, le compteur porte un indicateur de consommation maximum (fig. 8), dont l'aiguille marque, sur un cadran gradué en fractions de la pleine charge de l'installation, le maximum des puissances moyennes utilisées au cours de périodes successives d'égale durée.

X. — Compteurs a paiement préalable

A l'exemple des compagnies de gaz, les électriciens mettent depuis quelque temps à la disposition de leurs clients des compteurs à paiement préalable. Pour avoir droit au courant, il faut d'abord en acquitter le prix, en introduisant dans l'appareil, par une fente *ad hoc*, une ou plusieurs pièces de monnaie.

La figure 9 fait voir l'intérieur d'une de ces modernes tirelires. Outre la caisse des recettes,

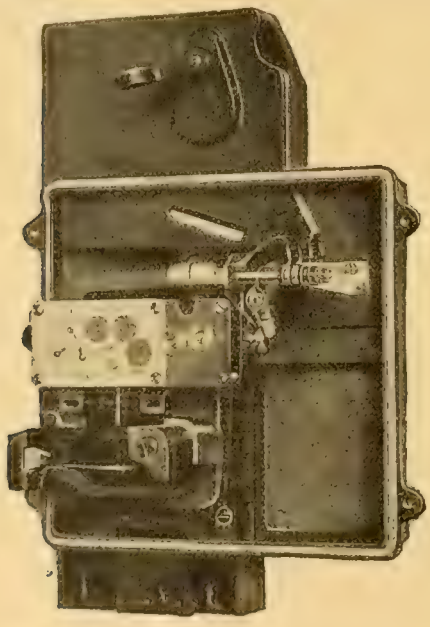


Fig. 9. — *Compteur à paiement préalable.*

il s'y trouve un compteur-moteur et un interrupteur. Tant que la caisse est vide, un ressort maintient ouvert le circuit de l'installation. Pour le fermer, il suffit de faire passer un gros sou dans la fente. Le poids de la pièce fait basculer un levier qui actionne l'interrupteur. L'abonné peut alors allumer ses lampes, mettre en marche un moteur, etc. Quand le courant passe, le compteur tourne ; mais, dès qu'il a enregistré une consommation égale à la quantité d'énergie fournie pour 10 centimes, une came pousse la pièce de monnaie, qui tombe dans le compartiment inférieur. Le levier de l'interrupteur est alors libéré et le courant supprimé, à moins que l'abonné n'ait eu la précaution d'introduire d'autres pièces dans l'appareil. Pour éviter d'être privé de lumière à l'improviste, il n'y a qu'à entretenir une petite provision : une lucarne vitrée permet d'ailleurs de compter la somme qui reste disponible. De temps en temps, un encaisseur vient ouvrir le coffre inférieur et en retire le contenu.

Ce mode de perception procure un accroissement de recettes facilement explicable.

La manière habituelle de payer le gaz ou l'électricité les rend inaccessibles à bien des gens qui sont incapables d'épargner quoi que ce soit et se trouvent ainsi hors d'état de solder en un seul versement le montant des factures mensuelles. Les ménages d'ouvriers, notamment, où l'argent se gagne au jour le jour et se dépense de même, ne peuvent user du gaz ou de l'électricité qu'à la condition d'avoir la faculté de les acheter, comme le pain, le lait, le vin, le pétrole, au fur et à mesure de leurs besoins ou suivant leurs ressources.

D'autre part, quand un abonné au compteur ordinaire reçoit, à la fin du mois, un relevé supérieur à ses prévisions, cette dette inattendue lui est particulièrement désagréable, et il s'efforce, pendant les mois suivants, de réduire le plus possible sa consommation, en faisant des économies parfois exagérées. Avec le paiement fractionné, au contraire, chaque fois qu'il a besoin de lumière et qu'il sait pouvoir s'en procurer immédiatement en versant la modique somme de 10 centimes, il fait sans hésiter cette dépense insignifiante, sans réfléchir que tous ces petits versements additionnés finissent par dépasser le montant des notes mensuelles jugées trop élevées.

Ce n'est pas tout. Le compteur ordinaire comporte un crédit ouvert à l'abonné : si ce dernier ne paie pas la quittance qui lui est présentée et s'il est insolvable, l'usine subit une perte proportionnée à la quantité d'énergie livrée pendant un mois au moins, et souvent davantage. Le paiement préalable supprime tout crédit et tout risque de perte.

Enfin, ce système a l'avantage de réduire les frais de personnel, puisqu'il évite l'opération des relevés de consommation et le calcul de la dépense[1].

Ernest Coustet.

1. Les clichés des figures illustrant cet article nous ont été obligeamment prêtés par la *Compagnie pour la fabrication des Compteurs.*

REVUE DE CHIMIE PHYSIQUE

Il va de soi que les quelques pages consacrées à cette Revue ne peuvent donner un aperçu complet des progrès réalisés, pendant ces dernières années, en Chimie physique. Ces progrès sont très inégalement répartis entre les différents chapitres de cette science. Tandis que nous avons à enregistrer, dans certains d'entre eux, des découvertes d'une vaste portée, nous ne rencontrons guère, dans d'autres, que des travaux de mise au point qui ne peuvent intéresser qu'un cercle restreint de spécialistes. Nous pourrons donc laisser totalement de côté certains chapitres, pour nous arrêter plus longuement aux questions les plus importantes. Les titres que nous avons donnés aux différentes parties de cette étude n'ont d'ailleurs rien d'absolu, car bien souvent une découverte intéresse à la fois plusieurs des domaines de la science.

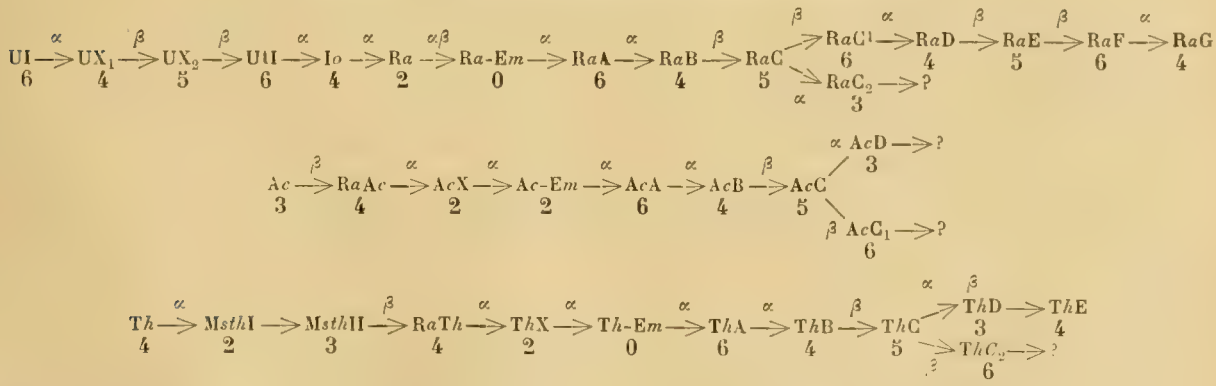
I. — Radiochimie et poids atomiques

Le nombre des éléments radioactifs s'est accru de quelques unités, et ces éléments nouveaux ont pris place dans les séries radioactives sans y apporter des modifications bien importantes. Les schémas qui expriment l'état actuel de nos connaissances sur la désintégration radioactive, et que nous donnons ci-dessous, montrent que la bifurcation observée d'abord dans la série du radium a été retrouvée dans les autres séries, et toujours au terme C. Ainsi se manifeste, une fois de plus, une analogie dans la désintégration du radium, du thorium et de l'actinium. La preuve de la transformation d'un élément radioactif en deux produits différents, qui se forment simultanément, vient à l'appui de l'opinion que l'actinium, qui accompagne toujours l'uranium dans ses minerais, est comme le radium un produit de la désintégration de cet élément, et que la série de l'actinium n'est qu'un rameau de celle de l'uranium.

Il est très probable que la bifurcation se produit à l'un des quatre premiers termes de la série, mais il n'a pas été possible jusqu'ici d'en fixer plus exactement la place.

La découverte des éléments radioactifs a dès l'abord fait surgir une question : peut-on assigner à chacun de ces éléments instables une place dans le système périodique? Cela semblait, il n'y a pas longtemps, bien improbable, le nombre des éléments radioactifs étant de toute évidence très supérieur à celui des places vacantes dans le système périodique. La question ne pouvait d'ailleurs être discutée sérieusement avant que les propriétés chimiques des éléments radioactifs, dont l'étude exige des méthodes spéciales, fussent suffisamment connues. Or, les recherches qui ont été faites dans cette direction ont rapidement progressé. Une méthode fondée sur la diffusion d'un sel radioactif en présence d'un autre sel ayant le même anion a permis récemment à von Hevesy[1] d'obtenir directement la valence de plusieurs éléments radioactifs. Le même savant[2] est parvenu aussi à déterminer la place d'un certain nombre de ces produits de désintégration dans la série électrochimique, et Fajans[3] a pu énoncer la règle suivante : *Dans une transformation accompagnée d'une émision de rayons α, le caractère électro-positif d'un élément est augmenté, tandis qu'il est diminué quand des rayons β sont émis.*

Schémas de désintégration des éléments radioactifs



Une autre règle, bien plus importante encore pour le sujet qui nous occupe, a été établie par Soddy[4] et par Russell[5] : *Tout élément qui se*

1. Hevesy : *Phys. Zeit.*, t. XIV, p. 444 et 1202; *Phil. Mag.*, t. XXV, p. 390. Hevesy et Putnoky : *Phys. Zeit.*, t. XIV, p. 63; *Phil. Mag.*, t. XXV, p. 415.
2. *Zeit. Elekt.*, t. XIX, p. 291; *Radium*, t. X, p. 65.
3. *Phys. Zeit.*, t. XIV, p. 131 et 136.
4. *Chem. of the Radio-elements* (1911); *Chem. News*, t. CVII, p. 197.
5. *Chem. News*, t. CVII, p. 49.

Classification des éléments radioactifs

0	I		II		III		IV		V		VI	
		Au 197,2		Hg 200,6		*Th* 204,4 AcD 206 ThD 208,4 RaC² 210		(*Pb* 207,1) RaG 206 RaD 210 AcB 210 ThB 212,4 RaB 214		*Bi* 208,5 RaE 210 AcC 210 ThC 212,4 RaC 214		RaF 210 ThC₂ 212,4 RaC' 214 AcA 214 ThA 216,4 RaA 218
AcEm 218 ThEm 220,4 RaEm 222			AcX 222 ThX 224,4 Ra 226 MsthI 228,4		Ac 226 MsthII 228,4		RaAc 226 RaTh 228,4 Io 230 Th 232,4 UX_1 234		UX_2 234		UII 234 UI 238	

transforme en émettant des rayons α passe d'un groupe de la classification périodique dans un autre dont le numéro d'ordre est de deux unités inférieur, tandis que, s'il y a émission de rayons β, il passe dans le groupe immédiatement supérieur.

Il est clair qu'il suffit de connaître la place de quelques éléments dans le système périodique pour trouver celle des autres au moyen de la règle de Soddy-Russell. On conçoit que les déplacements qu'un élément subit dans un sens ou dans l'autre, suivant la nature des rayons qu'il émet, le ramènent parfois à une place qu'il a déjà occupée au cours de sa désintégration. Les éléments auxquels on est conduit ainsi à attribuer la même place forment une *pléiade*. Or, les éléments d'une même pléiade, quoique leurs poids atomiques diffèrent souvent de plusieurs unités, n'ont pas seulement des propriétés voisines, mais paraissent *chimiquement identiques* et par conséquent *chimiquement inséparables*. On leur a donné le nom d'éléments *isotopes*.

On savait déjà qu'on ne peut séparer le mésothorium I du radium, l'uranium I de l'uranium II, l'ionium du radiothorium. Les recherches systématiques de A. Fleck[1], qui ont porté sur un grand nombre de produits de désintégration, ont confirmé, dans tous les cas étudiés, l'identité chimique des éléments d'une même pléiade; celles de Hevesy et Paneth[2] ont montré la similitude complète des propriétés électrochimiques du thorium C, du radium E et du bismuth. Leurs tentatives de séparer le radium D du plomb, par les méthodes les plus diverses, n'ont donné que des résultats négatifs. Enfin Klemensiewicz[3] a trouvé que le potentiel normal du plomb, du thorium B ou du radium B ne diffère pas de plus de 2.10^{-5} volt, et une concordance du même ordre est à prévoir dans toutes les propriétés chimiques.

1. *J. Chem. Soc.*, t. CIII, p. 381.
2. *Monatsh.*, t. XXXIV, p. 1393, 1401, 1594; *Phys. Zeit.*, t. XV, p. 797.
3. *Comptes rendus*, t. CLVIII, p. 1889.

Il est probable que l'identité des éléments isotopes s'étend aussi aux propriétés physiques, à l'exception naturellement de celles qui dépendent directement du poids moléculaire (densité et pouvoir diffusif d'un gaz). Les émanations du radium et du thorium se condensent à la même température (Fleck); ni Exner et Haschek[1], ni Rossel et Rossi[2] n'ont découvert aucune raie nouvelle dans le spectre du thorium contenant une quantité d'ionium évaluée à 10 % au moins.

Les règles précises suivant lesquelles le caractère chimique des éléments radioactifs varie dans leur désintégration, d'après la nature des rayons qu'ils émettent, confirment l'idée déjà ancienne que le système de Mendelejeff est une expression de l'évolution de la matière. Fajans pense que les éléments communs forment peut-être la suite des trois séries radioactives connues. Quoi qu'il en soit, il est vraisemblable que la complexité qui se manifeste en ce que la même place de la classification périodique est occupée par plusieurs éléments n'est pas limitée aux éléments radioactifs. Certains faits confirment cette manière de voir.

On sait que la déviation d'un mince pinceau de rayons canaux sous l'action de deux champs magnétique et électrique a fourni à J. J. Thomson[3] une méthode d'analyse extrêmement sensible et qui permet aussi de déterminer le poids atomique des éléments gazeux. Appliquée au néon atmosphérique, cette méthode a révélé l'existence d'un nouveau gaz, le *métanéon*, qui présente une analogie complète avec le néon, quoique son poids atomique soit plus élevé (22 au lieu de 20,2). Aston[4] a effectué plusieurs milliers de distillations fractionnées du néon sans que la densité accuse la moindre variation de la teneur

1. *Wien. Ber.*, t. CXXI, p. 2119 (1912).
2. *Proc. Roy. Soc.*, t. LXXXVII, A, p. 478 (1912).
3. *Phil. Mag.*, t. XXIV, p. 209; *Proc. Roy. Soc.*, A, t. LXXXIX, p. 1.
4. *Phys. Zeit.*, t. XIV, p. 1.303.

en métanéon. Cependant, par diffusion fractionnée à travers une cloison poreuse, une séparation partielle des deux gaz a été réalisée, mais les variations de densité ne sont accompagnées d'aucun changement dans le spectre lumineux. Le néon et le métanéon semblent donc constituer un exemple de deux éléments isotopes non radio-actifs.

D'après la règle de Soddy-Russell, le radium G et le thorium E, qui terminent les séries du radium et du thorium, occupent, dans le système périodique, la place du plomb, ce qui est conforme à l'hypothèse depuis longtemps admise que le plomb, qu'on rencontre toujours dans les minerais radioactifs, est le terme final de la désintégration du radium. Or, en prenant comme base les poids atomiques du radium (226) et du thorium (232,4), on peut, d'après le nombre des particules α (atomes d'hélium, He = 4) que ces éléments émettent dans leur désintégration, calculer les poids atomiques du radium G et du thorium E. On trouve ainsi pour le radium G le nombre 206, un peu inférieur à celui du plomb (207,1) et 208,4 pour le thorium E. Il était donc du plus haut intérêt de déterminer le poids atomique du plomb contenu dans des minerais d'uranium pauvres en thorium ou dans des minerais de thorium pauvres en uranium. Ces déterminations, entreprises presque simultanément par plusieurs chimistes, M. Curie[1], Lembert[2], Soddy et Hyman[3], Hönigschmid et St. Horowitz[4] ont confirmé les prévisions. Les valeurs extrêmes ont été obtenues par Soddy et Hyman pour le plomb d'une thorite de Ceylan (Pb = 208,4) et par Hönigschmid et St. Horowitz pour celui de deux minerais d'uranium ne contenant presque pas de thorium (206,045 et 206,063). On voit que ces nombres, qui diffèrent de plus de deux unités, concordent très bien avec les valeurs prévues pour le thorium E et pour le radium G. Ajoutons que ces variations du poids atomique ne sont accompagnées d'aucun changement appréciable dans le spectre du métal.

Ces résultats, dont il est inutile de souligner l'importance, induisent à penser que le plomb commun pourrait bien n'être qu'un mélange de plusieurs éléments isotopes. Si cette conclusion est justifiée et s'applique à d'autres éléments, il faut cependant admettre que, dans presque tous les cas, l'un des isotopes se trouve en quantité très prépondérante. On s'expliquerait ainsi très simplement le fait si remarquable, et qui a déjà tant préoccupé les chimistes, que les poids atomiques, sans être des multiples exacts de celui de l'hydrogène, s'en écartent généralement peu. Une autre explication, qui n'exclut pas la précédente, a été proposée par Swinne[1]. Elle repose sur une conséquence du principe de relativité, d'après laquelle l'énergie possède une masse. Dans la désintégration radioactive de la matière qui est accompagnée d'une perte considérable d'énergie, le principe de l'invariabilité de la masse serait en défaut. Le calcul indique que, dans la transformation de l'uranium en plomb, la masse subit une déperdition de 0,023 %. Si ces variations paraissent insuffisantes pour expliquer à elles seules les écarts à la loi de Prout, elles ne sont cependant pas négligeables.

On sait que Rydberg[2] est arrivé, il y a plusieurs années, après de longues recherches, à la conclusion qu'il est impossible d'exprimer les propriétés des éléments en fonction de leurs poids atomiques, mais qu'il faut choisir comme variable indépendante le *nombre atomique* qui indique le rang de l'élément dans le système périodique. Les faits que nous venons d'exposer conduisent, avec une précision toute nouvelle, à la même conclusion. Mais une question se pose naturellement : quelle est, au point de vue de constitution de l'atome, la signification de ces *nombres atomiques* qui déterminent exactement les propriétés des éléments? Cette signification, il y a peu de temps, échappait complètement. Les travaux théoriques de van den Broek, de Soddy, de Rutherford et les recherches expérimentales de plusieurs savants, en particulier de Moseley, ont apporté sur cette question une lumière inattendue.

Quand des rayons X rencontrent la surface d'un cristal, ils ne sont réfléchis, en suite de phénomènes d'interférence comparables à ceux qui se produisent dans la réflexion de la lumière par une lame plan-parallèle, que sous des angles θ, qui satisfont à la relation

$$n\lambda = 2\,d \sin\theta,$$

où d est la distance entre deux plans réticulaires parallèles à la surface réfléchissante et n un nombre entier qui exprime l'ordre de l'interférence. Les rayons X donnent ainsi par réflexion des spectres qui ont été obtenus d'abord par Barkla, W.-H. et W.-L. Bragg et que Moseley et

1. *Comptes rendus*, t. CLVIII, p. 1676.
2. *J. Amer. Chem. Soc.*, t. XXXVI, p. 1329.
3. *J. Chem. Soc.*, t. CV, p. 1402.
4. *Comptes rendus*, t. CLVIII, p. 1796.

1. *Phys. Zeit.*, t. XIV, p. 145.
2. Les leteurs de cette Revue connaissent la nouvelle classification des éléments, proposée récemment par Rydberg (*Rev. gén. Sc.*, t. XXV, p. 734; 1914). Voir aussi *J. Chim. phys.*, t. XII, p. 585.

Darwin[1] et de Broglie[2] sont parvenus à photographier. Ces *spectres de haute fréquence*, dans lesquels on observe des raies caractéristiques de l'élément employé comme anticathode, présentent toujours une grande analogie. Qu'il nous suffise de dire que Moseley[3] a montré que la fréquence des rayons caractéristiques émis par un élément est une fonction très simple d'une seule variable qui est le « nombre atomique ». Le spectre de haute fréquence d'un élément permet donc de calculer son nombre atomique et de fixer sans ambiguïté sa place dans le système périodique. Il est à remarquer qu'entre l'aluminium et l'or, Moseley n'a trouvé que trois places vacantes, correspondant à des éléments encore inconnus.

Il y a des raisons de penser que les rayons X ont leur origine dans la partie centrale de l'atome. La loi de Moseley révèle ainsi l'existence dans l'intérieur de l'atome d'une quantité fondamentale, qui croît régulièrement quand on passe d'un élément au suivant et qui probablement n'est autre chose que la charge électrique du noyau positif. Rutherford[4], Soddy[5] et van den Broek[6] sont arrivés, en effet, à la conclusion que cette charge doit être égale à celle de l'ion H^+ multipliée par le nombre atomique.

Il n'a pas été vérifié encore que les spectres de haute fréquence des éléments isotopes sont identiques, ce dont on ne peut douter, mais Rutherford et Andrade[7] ont constaté, pour un certain nombre de lignes, l'identité du spectre des rayons γ du radium B et de celui des rayons X émis par le plomb excité par les rayons β du radium B ou du radium C.

Si la longueur d'onde λ des rayons X est connue, il suffit de déterminer l'angle θ pour obtenir la distance d de deux plans réticulaires parallèles à la surface réfléchissante. On dispose ainsi d'une méthode précieuse pour déterminer la structure d'un cristal et qui a déjà donné des résultats du plus haut intérêt. Elle fournit des renseignements à certains égards plus précis que la remarquable méthode de Laue, Friedrich et Knipping, fondée sur la diffraction des rayons X dans le réseau cristallin et par laquelle la structure réticulaire des cristaux est devenue une réalité tangible[8].

1. *Phil. Mag.*, t. XXVI, p. 210.
2. *Comptes rendus*, t. CLVIII, p. 177, 333, 623.
3. *Phil. Mag.*, t. XXVI, p. 1024; t. XXVII, p. 703.
4. *Nature*, t. XCIII, p. 426; *Phil. Mag.*, t. XXI, p. 669; t. XXVII, p. 448.
5. *Nature*, t. XCIII, p. 399, 452.
6. *Nature*, t. XCIII, p. 373, 476; *Phys. Zeit.*, t. XIV, p. 32.
7. *Phil. Mag.*, t. XXVII, p. 803.
8. L. Brunet : *Rev. gén. Sc.*, t. XXIV, p. 101 (1913).

Nous rattachons à ce chapitre une série de phénomènes dont la signification et l'importance ne peuvent être encore sûrement appréciées. Collie et Patterson[1] ont observé, en prenant de grandes précautions, afin d'éviter toute cause d'erreur, la formation constante de néon dans les décharges électriques à travers l'hydrogène sous faible pression. D'autre part, d'après les observations de J. J. Thomson[2], il se forme, dans le bombardement d'un métal ou d'un autre solide par les rayons cathodiques, du néon et de l'hélium en même temps qu'un autre gaz dont le poids atomique est égal à 3 et qu'on désigne par le symbole X_3. Ce nouveau gaz, dont la formation a été confirmée par Stark[3], n'est pas chimiquement indifférent comme l'hélium. Il ne se combine ni au phosphore, ni au sodium, mais il s'unit à l'oxygène sous l'action des décharges électriques. Sans qu'une preuve convaincante en ait été donnée, on tend à le considérer comme une modification de l'hydrogène (H_3).

Tandis que Collie et Patterson, ainsi que Ramsay, sont enclins à voir dans ces phénomènes une transmutation des éléments, Thomson admet que les gaz qui se dégagent sous l'action des décharges sont inclus dans le métal. Cette hypothèse semble actuellement la plus plausible, quoiqu'on ne s'explique guère qu'ils ne soient pas mis en liberté par les méthodes ordinaires, telles qu'une ébullition prolongée du métal dans le vide. Quant à leur origine, Thomson suppose que les métaux pourraient être doués d'une sorte de radioactivité dans laquelle les particules qui se séparent de la masse principale de l'atome n'ont pas une énergie suffisante pour se libérer complètement et restent incluses dans le métal.

Une méthode qui permet de déterminer le poids atomique de gaz inaccessibles, tels que ceux qui existent dans les nébuleuses et dont l'existence se révèle par des raies spectrales qu'on ne peut attribuer à aucun élément connu, a été imaginée par Bourget, Fabry et Buisson[4]. Elle est fondée sur l'étalement que les lignes du spectre subissent d'après le principe de Doppler-Fizeau, ensuite du mouvement d'agitation des molécules qui est, comme on sait, en rapport avec la température du gaz et son poids moléculaire. Une étude très soignée de la raie double ultraviolette ($\lambda = 3726 - 3729$) de la nébuleuse d'Orion a ainsi donné pour le poids atomique du

1. *Proc. Chem. Soc.*, t. XXIX, p. 22, 217.
2. *Nature*, t. XC, p. 645; *Phys. Zeit.*, t. XIV, p. 1309.
3. *Ber. Deutsch. Phys. Ges.*, t. XV, p. 813.
4. *Comptes rendus*, t. CLVIII, p. 1017. Voir aussi Perrin : *Les atomes*, p. 90.

nébulium un nombre très voisin de *3*. Une autre ligne (5006), étudiée avec moins de précision, doit être attribuée à un autre élément dont la masse atomique est comprise entre *1* et *3*.

La preuve de l'existence d'éléments dont le poids atomique est inférieur à celui de l'hélium est d'un grand intérêt au point de vue de la structure atomique. Elle apporte une confirmation remarquable à la théorie de Nicholson[1], suivant laquelle tous les éléments seraient constitués par quelques *éléments simples*. Parmi ces derniers, Nicholson compte précisément le *nébulium* ou *archonium*, auquel il a été conduit à attribuer le poids atomique 2,945, qui concorde très bien avec la valeur obtenue par Bourget, Fabry et Buisson. Il serait intéressant de savoir si le gaz X_3, dont le poids atomique est également 3 et qui, selon les vues de Thomson, serait aussi un *élément simple*, n'est pas identique au nébulium.

II. — Équilibres chimiques

La théorie de l'allotropie de Smits ainsi que les importantes recherches qui ont été faites dans le domaine de l'analyse thermique, et qui sont d'un grand intérêt pour la mécanique chimique, ont été l'objet d'articles spéciaux publiés dans cette Revue[2]. Nous nous dispenserons d'y revenir et signalerons seulement, dans ce chapitre, quelques recherches relatives à l'équilibre des électrolytes en solution.

D'après plusieurs auteurs, les écarts à la loi d'action de masse ne se présentent pas dans la dissociation des électrolytes forts aussi généralement qu'on l'a admis jusqu'ici. Müller et Romann[3] ont constaté que le cyanacétate de pyridine suit la loi d'Ostwald; Drucker[4] a fait la même observation pour le bromure de tribenzylméthylamine. D'après les mesuses qu'il a effectuées en collaboration avec Tarle et Gomez, la mobilité des ions Br' à 18° serait représentée par le nombre 65,5, inférieur à celui de Kohlrausch (68, 3). L'opinion a été émise par plusieurs chimistes que la plupart des valeurs admises pour $\lambda\infty$ sont trop faibles. Les recherches de Schlesinger[5] ont montré que les solutions des formiates et de l'acide chlorhydrique dans l'acide formique suivent la loi d'action de masse jusqu'à des concentrations relativement élevées (0,3 à 0,55 n).

La question de l'influence de la dilution sur le degré de dissociation est cependant loin d'être résolue. La loi de dilution dépend de la constante diélectrique du dissolvant. Walden[1] a établi que les variations de la conductibilité moléculaire λ en fonction de la concentration sont représentées par des courbes différentes suivant la grandeur de la constante diélectrique. Ce n'est que si cette constante est supérieure à 10 que λ augmente d'une manière continue à mesure que la concentration diminue. Ssachanow et Prscheborowski[2] ont confirmé avec le chloroforme (4,7), la benzylamine (5,2), l'orthotoluidine (6,0), etc..., que la conductibilité moléculaire va en décroissant avec la dilution quand le dissolvant a une faible constante diélectrique.

De ces variations anormales du degré de dissociation, on peut rapprocher le fait que les solutions qui contiennent deux électrolytes ont souvent une conductibilité très supérieure à la somme de celles de chacun des électrolytes dissous isolément, même quand ils ont un ion commun. Ssachanow a observé une conductibilité jusqu'à six fois supérieure à cette somme. Il est vraisemblable que l'une au moins des causes de ces anomalies doit être cherchée dans une action électrostatique des ions libres.

Dans les titrages de l'acide carbonique par un alcali, avec la phénolphtaléine comme indicateur, la coloration apparaît momentanément avant que la totalité de l'acide soit neutralisée. Le phénomène est dû, d'après Vorländer et Strube[3] et Thiel[4], à ce que l'hydratation du CO^2 dissous n'est pas complète et ne se fait pas instantanément. Thiel, qui a particulièrement étudié cette réaction, arrive à la conclusion que, dans une solution aqueuse de CO^2, la quantité de CO^3H^2 est très minime et que cet acide est donc beaucoup plus fort qu'on ne l'admet généralement. Sa constante d'affinité serait à peu près égale à celle de l'acide formique, ce qui est d'ailleurs très plausible d'après les analogies chimiques.

III. — Vitesse des réactions

On sait que la Cinétique chimique ne peut être fondée sur les principes de la Thermodynamique et qu'il faut faire intervenir les conceptions cinétiques et des hypothèses sur le mécanisme des réactions, qui introduisent quelque incertitude dans la théorie. Toutefois certains progrès ont été réalisés dans ce domaine. Si, comme il est probable, les molécules d'un gaz susceptibles d'entrer en réaction sont celles seulement dont

1. *Phil. Mag.*, t. XXII, p. 864 (1911).
2. Smits : *Revue gén. Sc.*, t. XXV, p. 191 ; Baume : *Ibid.*, p. 252 (1914).
3. *Comptes rendus*, t. CLVI, p. 1889 ; t. CLVII, p. 400.
4. *Zeit. Elekt.*, t. XVIII, p. 562, 1912 ; t. XIX, p. 8.
5. *J. Amer. Chem. Soc.*, t. XXXVI, p. 1589.

1. *Bull. Acad. St. Petersbourg* (1913), p. 907, 987, 1075.
2. *Zeit. Elekt.*, t. XX, p. 39.
3. *Ber.*, t. XLVI, p. 172.
4. *Ber.*, t. XLVI, p. 241, 867; t. XLVII, p. 945.

l'énergie est très supérieure à la moyenne, on peut aisément, ainsi que l'ont montré Berthoud[1] et Baume[2], en appliquant la formule de Maxwell généralisée, rendre compte des lois expérimentales relatives à l'influence de la température sur la vitesse des réactions en système homogène. Cette question a été traitée d'une manière plus générale encore par le regretté R. Marcelin[3], dont les belles recherches théoriques ont établi que les règles de la Cinétique chimique se présentent comme une conséquence de la loi de Maxwell-Boltzmann relative à la répartition des molécules d'un gaz d'après leur énergie.

Parmi les nombreuses réactions dont la vitesse a été mesurée, il faut citer la synthèse du chlorure de nitrosyle:

$$2\,NO + Cl^2 = 2\,NO\,Cl$$

Elle constitue, d'après les recherches de Trautz[4] et de Coates et A. Finney[5], un exemple d'une réaction purement gazeuse du IIIe ordre et présente ainsi un grand intérêt pour le mécanisme des réactions chimiques. Signalons aussi que Skrabal et Weberitsch ont fait connaître une réaction dont la vitesse diminue quand la température s'élève; il s'agit de l'oxydation des iodures par les iodates en présence d'acide sulfurique et d'une quantité suffisante d'un sulfate.

On a longtemps admis que, dans l'action catalytique des acides, ce sont les ions $H^{\cdot}$ seuls qui sont actifs. Cette opinion semble devoir être abandonnée. Plusieurs chimistes, Taylor, Dawson et Powis[6], Snethlage[7], Mc Bain et Coleman[8] sont arrivés à la conclusion que cette activité est la somme de deux actions dues, l'une aux ions $H^{\cdot}$, l'autre aux molécules non dissociées. La constante de la vitesse de réaction est donnée par une relation de la forme :

$$K = C_{H^{\cdot}} k_{H^{\cdot}} + C_M k_M$$

où $C_{H^{\cdot}}$ et C_M représentent les concentrations des ions $H^{\cdot}$ et des molécules neutres et $K_{H^{\cdot}}$ et K_M les facteurs correspondant à leur activité. Le rapport $K_M : K_{H^{\cdot}}$, qui est très faible pour les acides peu dissociés, va en croissant avec la force de l'acide. Pour les acides forts, il devient supérieur à l'unité; les molécules neutres sont donc plus actives que les ions et ainsi s'explique très simplement et mieux que de toute autre manière, *l'action des sels neutres* dans les réactions telles que l'inversion du sucre de canne. — Dans la transformation de l'acétochloranilide en *p*-chloracétanilide, sous l'action de l'acide chlorhydrique, ce sont, d'après les observations de Rivett[1], les molécules Cl H et non les ions qui sont actives.

De ces travaux on peut en rapprocher d'autres qui semblent établir que, dans certaines réactions, ce sont les molécules neutres qui réagissent de préférence aux ions. Mentionnons, par exemple, l'hydrolyse de l'acide bromomalonique et de ses dérivés alcoylés en présence d'un hydrate alcalin. D'après les mesures de Madsen[2], la vitesse est indépendante de la concentration de l'hydrate ; ce ne sont donc pas les ions, mais les molécules d'eau qui produisent l'hydrolyse.

Nous ne pouvons souscrire entièrement à l'opinion de Worley qui voit dans ces faits des raisons de renoncer à l'hypothèse d'Arrhenius, car la théorie de la dissociation électrolytique repose sur d'autres bases que les rapports entre l'activité chimique et la conductibilité électrique. Ce qu'on peut dire, c'est que le rôle des ions dans les réactions chimiques a été quelque peu exagéré et que nos conceptions à ce sujet doivent être revisées.

La vitesse d'évaporation d'un solide ou d'un liquide en présence d'un gaz a été souvent mesurée, mais ne nous renseigne pas sur l'importance des échanges entre la phase condensée et la vapeur, car elle est réglée uniquement par la vitesse de diffusion. Il en est autrement des recherches de R. Marcelin[3], qui a mesuré la vitesse d'évaporation d'un liquide ou d'un solide en présence de sa vapeur non saturée, dans des conditions où la diffusion ne joue aucun rôle. Elles ont montré que, si la vapeur est très peu surchauffée, les emprunts de matière faits par la phase condensée à sa vapeur sont d'autant plus faibles que la température est plus basse. Avec le nitrobenzène, par exemple, sur soixante molécules qui rencontrent la surface, quinze sont captées à 65° et quatre seulement à 40°. A une température très basse, les molécules rebondissent presque toutes, tandis qu'à une température élevée, elles sont presque toutes captées.

1. *J. Ch. phys.*, t. IX, p. 352; t. X, p. 573.
2. *Arch. Sc. phys. nat.* (4), t. XXXVI, p. 439.
3. *Thèse*, Paris, 1914.
4. *Zeit. an. Chem.*, t. LXXXVIII, p. 285
5. *Proc. Chem. Soc.*, t. XXIX, p. 211.
6. *Proc. Chem. Soc.*, t. XXIX, p. 308.
7. *Zeit. phys. Chem.*, t. LXXXV, p. 211.
8. *J. Chem. Soc.*, t. CV, p. 1517.

1. *Zeit. phys. Chem.*, t. LXXXII, p. 201 ; t. LXXXV, p. 113.
2. *Zeit. phys. Chem.*, t. LXXXVI, p. 538.
3. *Comptes rendus*, t. CLVIII, p. 419 ; *Thèse*, Paris, 1914.

IV. — Photochimie et absorption de la lumière

C'est tout spécialement sur l'étude des réactions en lumière ultraviolette que, depuis quelques années, s'est porté l'effort des chercheurs. Les expériences de Berthelot et Gaudechon [1], ainsi que celles de Boll [2], ont fait constater que dans plusieurs réactions, la vitesse croît, à absorption égale, suivant une fonction exponentielle de la fréquence. Celle-ci joue donc dans les réactions photochimiques le même rôle que la température dans les réactions ordinaires.

La loi suivant laquelle il y a proportionnalité entre la susceptibilité photochimique et l'absorption se trouve souvent en défaut. Une interprétation de cette discordance a été donnée par V. Henri et Wurmser [3]. Le spectre d'absorption est la résultante de l'action due aux différents groupes d'atomes qui constituent la molécule; mais la susceptibilité photochimique dépend seulement de la partie du spectre qui correspond aux groupes qui sont modifiés dans la réaction. C'est ainsi que les rayons ultraviolets extrêmes, quoique très absorbés par l'aldéhyde acétique, n'ont qu'une très faible action photochimique, car leur absorption est due au groupe CH^3, tandis que, dans la photolyse, c'est le groupe CHO qui est affecté.

L'absorption des rayons ultraviolets est une fonction très complexe de la constitution chimique. V. Henri et Bielecki [4] ont cependant établi certaines règles relatives à l'action réciproque de deux chromophores dans la même molécule. Ils ont même réussi à calculer le spectre de substances relativement simples et ont montré que l'absorption dans l'ultraviolet fournit une méthode intéressante pour résoudre certains problèmes de constitution chimique.

Si l'absorption est en général très sensible aux variations de constitution, les observations de Hantzsch ont confirmé que l'ionisation d'un sel est sans influence sur l'absorption, même dans l'ultraviolet. La formation normale d'un sel est un phénomène optiquement indifférent et si la coloration varie c'est qu'un changement de constitution s'est produit. Le caractère additif du spectre d'absorption des électrolytes dissous ne peut donc être invoqué à l'appui de la théorie de la dissociation.

1. *Comptes rendus*, t. CLIV, p. 1597; t. CLVIII, p. 1791.
2. *Comptes rendus*, t. CLVII, p. 115.
3. *Comptes rendus*, t. CLVI, p. 230.
4. *Comptes rendus*, t. CLVIII, p. 567, 866, 1022, 1114.

V. — Thermochimie

Ce sont les mesures des chaleurs spécifiques aux basses températures qui nous paraissent devoir retenir spécialement l'attention dans ce chapitre, en raison de leur importance pour le calcul des affinités chimiques et au point de vue de la théorie des solides et des gaz.

La loi de Debye, suivant laquelle la chaleur spécifique des solides s'accroît, aux basses températures, proportionnellement au cube de la température absolue, a été vérifiée pour un certain nombre de substances par Nernst, Eucken, et Schwers [1], E. H. et E. Griffiths [2]. Le carborundum, comme le diamant, a déjà à 50° abs. une chaleur spécifique très faible et qui devient bientôt pratiquement nulle.

Eucken [3] a observé une diminution de la chaleur spécifique de l'hydrogène et même de l'hélium aux températures très basses (entre 45° et 18° abs.) lorsque la pression s'élève. Ces résultats, d'après Nernst [4], rendent probable que la chaleur spécifique des gaz devient nulle au zéro absolu. La théorie des quanta s'appliquerait donc au mouvement de translation des molécules et le théorème de Nernst, qui avait d'abord été limité aux systèmes condensés, pourrait être étendu aux gaz. Dans tout changement physique ou chimique susceptible de produire un travail maximum A, on aurait, même dans le cas des gaz :

$$\lim. \frac{dA}{dT} = 0 \qquad (\text{pour } T = 0).$$

De la diminution de la chaleur spécifique aux basses températures, rapprochons la disparition de la résistance électrique des métaux, observée par K. Onnes [5] dans l'hélium liquide. Au-dessous d'une certaine température (3°,8 pour Sn, entre 4° et 14° pour Pb), le courant passe sans chute de potentiel appréciable. A 2°,45 abs. la résistance du mercure est $0{,}5.10^{10}$ fois plus faible qu'à 273° abs.

A. Berthoud,
Professeur de Chimie physique à l'Université de Neuchâtel.

1. *Ber. Deutsch. Phys. Ges.*, t. XV, p. 578; *Sitzungsb. Kgl. Pr. Akad.* (1914), p. 355.
2. *Proc. Roy. Soc.*, A, t. XC, p. 557.
3. *Sitz. Kgl. Pr. Akad. Berlin* (1914), p. 682.
4. *Zeit. Elekt.*, t. XX, p. 357.
5. *Comptes rendus*, t. CLIX, p. 34; *Proc. K. Akad. Wetensch. Amsterdam*, t. XV, p. 1406; t. XVI, p. 113.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Laubeuf (M.), *Ancien Ingénieur en chef de la Marine*. — **Sous-marins et submersibles.** — *1 vol. in-8° de 100 p. avec 48 fig. (Prix : 3 fr. 50). Librairie Ch. Delagrave, 15, rue Soufflot, Paris*, 1915.

Le rôle joué par le sous-marin dans la guerre actuelle justifie l'intérêt qu'offre le livre de M. Laubeuf. On ne saurait oublier l'influence exercée par l'ancien ingénieur en chef de la Marine sur l'évolution des unités sous-marines. La lutte entre les types dits sous-marins purs et les types dits submersibles a été des plus vives. Au début, tout au moins, la distinction entre ces deux navires était des plus arbitraires : alors que le sous-marin proprement dit demandait sa propulsion à l'énergie électrique, le submersible disposait en plus d'un moteur thermique, lui permettant non seulement d'économiser ses accumulateurs, mais encore de les recharger pendant la navigation en surface.

Toutefois la distinction entre les deux types portait essentiellement sur leur différence de flottabilité et de forme de carène. Beaucoup de marins se sont d'ailleurs toujours élevés contre cette distinction; toute unité susceptible de plonger doit rentrer dans le cadre unique des sous-marins. Les nombreux tracés de sections elliptiques des sous-marins et des submersibles, insérés dans l'ouvrage, permettent de se rendre compte des modifications successives apportées dans les types.

M. Laubeuf fut en France le créateur des sous-marins à grande flottabilité; en 1900, la Marine française seule possédait des navires conçus sur ce principe et, quand il fut établi que ces bateaux pouvaient passer rapidement de la position de navigation en surface à la position de navigation en immersion, le type sous-marin pur, sans disparaître complètement, se modifia en se rapprochant du type submersible. Le coefficient de flottabilité, qui ne dépassait pas 10 % du déplacement en immersion au début, arrive à 33 % dans les types récents, et tend encore à s'élever avec l'augmentation du tonnage (1250 tonnes en 1913).

Si l'augmentation du tonnage présente des avantages réels : vitesse augmentée, habitabilité plus réelle, elle présente aussi des inconvénients sérieux : dangers des inclinaisons longitudinales quand les bateaux sont en immersion, tirant d'eau trop grand limitant sa navigabilité le long des côtes, augmentation du rayon de giration rendant le navire moins maniable, enfin élévation du prix entraînant une limitation dans le nombre des unités.

Mais M. Laubeuf réclame pour les sous-marins d'escadre des vitesses de 25 nœuds en surface, de 15 en immersion. Est-il possible de réaliser ces vitesses avec des tonnages inférieurs à 1.000 tonnes? C'est là une question non encore résolue.

L'ouvrage se termine par une étude sur l'efficacité des sous-marins et sur leur rôle dans la première année de guerre. Malheureusement, l'auteur ne peut nous donner des renseignements précis sur la flotte sous-marine allemande. Pas une marine n'a su mieux garder ses secrets, et on ne trouve aucune indication sur les dernières unités allemandes, qui paraissent disposer d'un grand rayon d'action.

Les conclusions de M. Laubeuf sur l'efficacité de l'action des sous-marins ont été écrites il y a quelques mois déjà : peut-être l'auteur aurait-il été conduit à admettre leur plus grande vulnérabilité, s'il avait retardé de quelques mois la rédaction des dernières pages.

Dans les premiers chapitres, consacrés à l'historique de la navigation sous-marine, on est heureux de rencontrer l'hommage au génial créateur de la marine cuirassée, à Dupuy-de-Lôme. C'est cet ingénieur qui avait déjà déclaré que la question des aérostats et celle des bateaux sous-marins étaient intimement liées : le jour où la première serait résolue, la seconde serait bien près de l'être. Le présent montre la justesse de vue de Dupuy-de-Lôme.

2° Sciences physiques

Williams (Adolfo T.). — **Investigaciones experimentales sobre los espectros de la descarga oscilante.** (*Thèse de doctorat à l'Université de Buenos-Aires.*) — *1 vol. in-4 de 232 p. avec 5 planches. Imprenta de Coni hermanos, Buenos-Aires*, 1915.

La thèse de W. A. T. Williams forme un important volume qui fait honneur aussi bien à son auteur qu'au laboratoire où elle a été élaborée. Après un exposé très complet et bien étudié des questions relatives aux spectres d'étincelle, l'auteur décrit les dispositifs et les instruments dont il a fait usage. Il discute ensuite ses méthodes de mesure, avant de passer aux résultats qu'il a obtenus en étudiant, dans des conditions variées et parfaitement déterminées, les spectres d'étincelle des solutions de chlorures des métaux alcalinoterreux, du magnésium, du zinc, du cadmium, du cuivre et du manganèse. Les tableaux de raies, pour chaque solution métallique, donnent les intensités pour des capacités et des self-inductions différentes, mises en comparaison avec les intensités obtenues par d'autres observateurs dans différentes sources lumineuses. Les spectres, fournis par un spectrographe à optique en quartz, de Hilger, s'étendent du vert à l'extrémité de l'ultra-violet.

M. Williams, avant tout autre spectre, étudie ce qu'il appelle « le spectre parasite », commun à toutes les solutions et qui contient surtout, à notre avis, les bandes de l'azote et de la vapeur d'eau, avec les raies du platine des fils et des impuretés amenées par ceux-ci. Les lignes de ces métaux auraient pu être évitées en faisant éclater l'étincelle entre deux gouttes du liquide seulement, procédé, il est vrai, un peu plus délicat à établir d'une manière régulière pour de longues poses.

Discutant les résultats de ses recherches, l'auteur adopte une classification des raies basée sur le rapport entre les intensités de chaque raie dans l'étincelle puis dans l'arc. Il admet une classe de raies appartenant exclusivement à l'arc et étrangères à l'étincelle, ce qui ne nous paraît pas établi avec certitude, car les raies, très peu nombreuses d'ailleurs, de cette classe, nous paraissent être soit des arêtes de très faibles bandes (pour le calcium notamment), soit dues à des impuretés. La question mériterait d'être reprise et élucidée.

A la fin du volume, un chapitre est consacré à l'exposé critique de la théorie thermique de Lockyer et de son hypothèse des proto-éléments, examinée en utilisant les données des plus récentes recherches spectrales. Suivant M. Williams, cette théorie donne aux faits une interprétation en partie erronée, en ce sens que les changement profonds produits dans les spectres peuvent bien être dus à la formation de proto-éléments, c'est-à-dire de systèmes vibratoires nouveaux, mais qu'ils ont une origine non point thermique, mais vraisemblablement électromagnétique.

Cinq fort belles planches en phototypie terminent l'ouvrage. Elles représentent surtout des modifications successives subies par les spectres d'étincelle des liquides, sous l'effet de la variation systématique des conditions de l'observation : interversion des pôles, ou accroissement de la self-induction. L'auteur nous

permettra de regretter qu'elles ne soient pas accompagnées d'explications détaillées, ou de chiffraisons de longueurs d'ondes plus nombreuses, afin, par exemple, d'indiquer les bandes de la vapeur d'eau, ou celles de l'azote, et de faciliter ainsi l'étude aux personnes peu familiarisées avec ces recherches.

Le très intéressant ouvrage de M. A. T. Williams, bien qu'écrit en espagnol, est facile à comprendre sans être familiarisé avec cette langue. Nous en recommanderons la lecture à tous ceux qui voudraient se mettre au courant de l'état actuel des questions relatives aux spectres d'étincelle, non seulement dans leur ensemble, mais dans leurs détails et dans leurs références bibliographiques les plus récentes.

A. DE GRAMONT,
Membre de l'Institut.

3° Sciences naturelles

Pogue (Jos. E.), *Géologue associé au Service géologique des Etats-Unis.* — **The Turquoise.** A STUDY OF ITS HISTORY, MINERALOGY, GEOLOGY, ETHNOLOGY, ARCHÆOLOGY, MYTHOLOGY, FOLKLORE AND TECHNOLOGY. — *1 vol. in-8° de 162 p. avec 5 fig. et 23 pl. dont deux en couleurs* (*T.* XII, *n° 4, des* Memoirs of the National Academy of Sciences). *Government Printing Office, Washington*, 1915.

La turquoise est un minéral apprécié pour la perfection de sa couleur; car, à cause de son opacité, elle ne possède pas le lustre brillant qui forme le principal attrait des gemmes transparentes. Aujourd'hui, chez les peuples civilisés, elle passe généralement après le diamant, le rubis, l'émeraude ou le saphir; mais, chez les peuples semi-civilisés, comme les Indiens de l'Amérique du Nord, les Bédouins des plaines de l'Arabie, les Tibétains et les Mongols, la turquoise garde le premier rang, non seulement par sa valeur intrinsèque, mais aussi à cause des propriétés mystiques et de la signification religieuse qu'elle est censée posséder.

Dans le passé, plus encore que dans le présent, la turquoise a joué un rôle important. On la retrouve dans les tombeaux des anciens rois égyptiens sur des bijoux d'une incomparable beauté. Les habitants de l'Asie centrale et occidentale, qui l'extrayaient depuis un temps immémorial des dépôts de Nishapour, près de la mer Caspienne, l'appréciaient avec faveur et, par l'intermédiaire de la Turquie, la firent connaître aux Européens. D'autre part, les Aztèques du Mexique, au temps de la conquête espagnole, l'employaient dans plusieurs de leurs cérémonies, et de belles mosaïques en turquoises, rapportées en Europe par les Conquistadores, attestent l'adresse et le goût de leurs artisans.

C'est par cette histoire de la turquoise que débute la belle monographie que consacre M. Pogue à ce minéral. Elle continue par une étude de ses propriétés minéralogiques. La turquoise est un phosphate hydraté double d'aluminium et de cuivre, de formule $CuO.\ 3\ Al^2\ O^3.\ 2\ P^2\ O^5.\ 9\ H^2\ O$. C'est à la présence du cuivre qu'elle doit sa belle couleur bleu ciel; mais elle renferme souvent du fer comme impureté (à côté de chaux et de silice) et ce métal modifie sa teinte en la faisant tourner au vert. La turquoise se présente toujours en masses, et jusqu'en 1911 on n'en connaissait pas de spécimen cristallisé. Tout récemment, M. W. T. Schaller a identifié à la turquoise un minéral cristallisé d'un beau bleu du comté de Campbell (Va.); ce minéral est triclinique, et ses angles se rapprochent beaucoup de ceux de la chalcosidérite, $Cu\ O.\ 3\ Fe^2\ O^3.\ 2\ P^2\ O^5.\ 9\ H^2O$, isomorphe avec la turquoise.

Les gisements de turquoise les plus importants se trouvent à environ 50 km. au nord-ouest de Nishapour, dans la province de Khorassan, en Perse. Ils paraissent avoir été connus et exploités dès l'an 2100 av. J.-C. Il y a là deux sortes d'exploitations : des mines proprement dites, avec puits et galeries creusés dans la roche solide, et l'exploitation des débris de roches désintégrées formant des alluvions dans la plaine. La valeur des pierres extraites en 1890 s'élevait à 575.000 fr. L'emploi étendu de la turquoise au Tibet et en Chine montre l'existence de gisements locaux, mais la situation n'en est pas bien connue. Enfin il existe aussi des gisements importants dans plusieurs régions des Etats-Unis, particulièrement au Nouveau-Mexique (où se trouve la célèbre mine Tiffany, propriété de l'American Turquoise Co., qui a donné pour plus de 10 millions de gemmes), puis dans le Nevada, le Colorado, la Californie et l'Arizona. D'autres gisements, sans importance économique, se trouvent encore au Sinaï (la plus vieille mine du monde, exploitée certainement déjà en 5.500 av. J. C., mais aujourd'hui épuisée), en Abyssinie, en Nubie, au Turkestan, en Afghanistan, en Arabie, en Australie, en France (Montebras, Forêt de Colettes), en Allemagne, en Sibérie, au Pérou et au Mexique.

A l'aide des données géologiques recueillies dans les divers gisements, M. Pogue discute l'origine de la turquoise. Il constate que, comme pour beaucoup de minéraux, son mode de formation a été multiple. Toutefois, le processus fondamental est la percolation des eaux superficielles à travers des roches alumineuses contenant de l'apatite et des minéraux cupriques disséminés.

M. Pogue consacre un chapitre très étendu, illustré de magnifiques planches, aux emplois de la turquoise, qui remontent dans certains pays à une très haute antiquité. Cette gemme est utilisée surtout à l'ornementation, et pour les bijoux et ornements personnels. En outre, chez plusieurs peuples de l'Asie et de l'Amérique septentrionale et centrale, elle a acquis une signification religieuse et a été fort employée pour les objets du culte. Chez les anciens Mexicains, en particulier, l'usage dans un but ornemental et cérémoniel, d'une pierre verte de grande valeur, nommée *chalchihuitl*, a été signalé à plusieurs reprises, sans qu'on pût se mettre entièrement d'accord sur l'identité de cette gemme. M. Pogue, après un examen minutieux de la question, estime que dans quelques cas on a pu désigner sous ce nom une variété de turquoise verte, mais d'une façon générale le *chalchihuitl* n'était autre que de la jade.

A toutes les époques jusqu'à nos jours, et non seulement chez les peuples plus ou moins primitifs, mais même dans des pays civilisés, les pierres précieuses ont été dotées par l'imagination de l'homme de propriétés et d'associations surnaturelles. La turquoise n'a pas échappé à cette règle : on a attribué à sa possession le succès et le bonheur, et un vieux proverbe dit : Celui qui possède une turquoise sera toujours sûr d'avoir des amis. On a cru que la turquoise indique l'état de santé de celui qui la porte : pâlissant quand il est malade, elle perd sa couleur quand il meurt et retrouve sa beauté dans les mains d'un nouveau possesseur plein de santé. L'histoire de toutes ces superstitions forme un des chapitres les plus intéressants de l'ouvrage.

M. Pogue termine par une étude sur la technologie de la turquoise. Son extraction est simple et peu coûteuse, car elle a généralement lieu à ciel ouvert ou à une profondeur ne dépassant pas 30 mètres. Sa taille est facile, à cause de son peu de dureté; la forme la plus caractéristique est celle du cabochon. La turquoise a été l'objet d'imitations dès les temps anciens; celles-ci sont de trois sortes : verre ou émail bleu (facile à reconnaître par son éclat vitreux), turquoise synthétique, obtenue en mélangeant du phosphate d'aluminium précipité avec du phosphate de cuivre et en soumettant le tout à l'état humide à une pression considérable pendant longtemps (le produit ressemble à s'y méprendre à la gemme naturelle, on peut l'en distinguer en le chauffant au chalumeau, où il fond tranquillement au lieu d'éclater en morceaux), substituts divers, comme l'odontolite ou turquoise d'os, la lazulite, le chrysocolle bleu, la calcédoine colorée artificiellement, etc. La production totale de la turquoise est impossible à apprécier exactement; nous avons donné plus haut quelques chiffres partiels. Sa valeur actuelle paraît osciller entre 50 et 60 francs le carat pour les pierres de bonne

qualité; elle est plus élevée pour les pierres d'un certain poids.

L'ouvrage de M. Pogue est accompagné d'une bibliographie de près de 500 ouvrages et mémoires, qui rehausse la valeur documentaire de la splendide monographie qu'il a consacrée à la turquoise.

Louis Brunet.

Annales du Service des Epiphyties. *Tome* II. — *1 vol. in-8° de 384 pages avec 110 fig.* (*Prix* : 16 *fr.* 50.) *Lhomme, éditeur, 3, rue Corneille, Paris*, 1915.

La législation pour la lutte contre les ennemis animaux et végétaux de nos cultures était jusqu'à ces derniers temps à peu près satisfaisante : la loi du 21 juin 1898 donne en effet des pouvoirs relativement étendus au Ministre de l'Agriculture pour organiser sérieusement cette lutte, soit en provoquant la signature de décrets, soit en prenant ou faisant prendre par les Préfets des arrêtés permanents ou temporaires. C'est ainsi que nous avons eu successivement la circulaire du 7 juin 1912 prescrivant aux Préfets de prendre des arrêtés permanents en vue de la destruction des chenilles, des hannetons, de la cuscute, de l'épine-vinette, de l'orobanche et du gui, — l'arrêté temporaire préfectoral du 15 mai 1912, prescrivant la destruction de la teigne de la pomme de terre, — le décret du 12 octobre 1913, interdisant (avec certaines restrictions) l'importation et le transit de tous les végétaux à l'état ligneux, ainsi que de leurs débris frais d'origine ou de provenance italienne, comme susceptibles de servir à l'introduction du *Diaspis pentagona*.

Mais, afin d'être renseigné sur l'opportunité et sur le choix des mesures de protection et de défense à prendre dans tous les cas qui peuvent se présenter, il manquait au Ministre un service compétent. Le décret du 19 février 1912 a institué, sous le nom de « Comité consultatif des épiphyties », un comité chargé de l'étude des questions relatives aux insectes, cryptogames et autres parasites nuisibles à l'agriculture, et, notamment, des procédés à employer et des mesures à prendre pour prévenir et combattre les épiphyties. Le décret du 11 mai 1915 groupe le personnel et les établissements de recherche dont le Ministère de l'Agriculture dispose en un service d'études des maladies des plantes : le « Service des Epiphyties ». Antérieurement même à la création officielle de ce service, il fut publié, par les soins de la Direction des Services scientifiques du même ministère, le premier volume des *Annales du Service des Epiphyties*[1]. Le but de ce périodique est de réunir tous les mémoires originaux produits par le personnel scientifique du Service, ainsi que les Rapports sur les missions d'études du Ministère de l'Agriculture. Une place est faite également aux articles d'ensemble et de mise au point sur les divers problèmes de la Phytopathologie ou sur les questions d'ordre général qui concernent la protection des plantes et l'organisation de la lutte contre leurs ennemis.

Le deuxième volume des *Annales* vient de paraître, grâce au dévouement et au zèle infatigable du Dr. P. Marchal. Nous serions heureux de pouvoir le présenter ici au public scientifique, si nous n'avions pas à déplorer déjà la mort au champ d'honneur de certains auteurs, jeunes et savants phytopathologistes, dont les places étaient marquées dans le Service des Epiphyties qu'ils avaient contribué à organiser.

Les maladies du châtaignier font l'objet de deux travaux, l'un de A. Prunet, l'autre de V. Ducomet. Le premier de ces auteurs s'occupe de la lutte contre le « pied noir » dans la reconstitution des châtaigneraies fortement atteintes, comme celles des Pyrénées et des Charentes. Par l'expérience, il élimine nettement la reconstitution par l'emploi du châtaignier commun (*Castanea vulgaris* Lam.), ou à l'aide d'autres cupulifères (*Quercus* et *Fagus*). Il attire tout spécialement l'attention sur le châtaignier du Japon (*C. crenata* Sieb. et Luce) qui, dans ses nombreux essais, a toujours très bien résisté à la « maladie » et dont il a doté les Hautes-Pyrénées d'une station de pieds-mères. Pour V. Ducomet, la « maladie de l'encre » ne serait pas une et il y aurait lieu de continuer sérieusement son étude, par comparaison autant que possible avec la « bark disease » du *C. americana*. Ce savant a commencé une série d'essais de traitements dans le Morbihan à l'aide du sulfure de carbone et des engrais. Enfin il observe aussi le châtaignier du Japon qui, s'il paraît résister à la maladie de l'encre, semble plus sensible que le *C. vulgaris* à l'oïdium du chêne.

Dans une étude sur les principales maladies du mûrier, G. Arnaud et Secrétain exposent une partie des observations et des expériences faites en 1913. Les résultats les plus intéressants concernent la gommose bacillaire (*Bacterium mori* B. et L.), peut-être cause de la flâcherie du ver à soie, la Maladie noire et le Pourridié, la Maladie du rouge (*Nectria cinnabarina*), etc.

L'année 1913 fut fort propice à l'étude du Mildiou de la vigne qui, par suite des nombreuses pluies, s'est développé d'une façon considérable dans la région méridionale. G. Ravaz et Verge d'une part, J. Capus d'autre part, font connaître les résultats de leurs observations qui sont la suite de nombreuses recherches antérieures. Pour les premiers, les stations d'avertissements, en se basant sur l'apparition des taches d'huile ou, à défaut de celles-ci, des conidies ou des zoospores, sont dans la possibilité d'indiquer les dates des sulfatages. Capus demande aux viticulteurs que les traitements soient d'une manière générale plus précoces, surtout les années à printemps pluvieux.

La lutte contre la *Cochylis* et l'*Eudemis* a nécessité encore de multiples travaux : J. Feytaud, dans un rapport très complet, insiste en particulier sur l'emploi des pièges-appâts en Gironde, où ils paraissent donner de bons résultats. Il a observé, d'autre part, comme résultats positifs, en particulier, l'avortement des œufs par le lait de chaux et l'efficacité sur les chenilles de la bouillie bordelaise nicotinée, des solutions mouillantes de nicotine et du pyrèthre. J. Chatanay, A. Paillot, Vezin et Gaumont exposent sommairement leurs observations dans leurs régions respectives : Champagne, Bourgogne et vallée de la Loire.

A. Paillot, dans un mémoire fort documenté, résume tout ce qui a été fait sur les « Micro-organismes parasites des Insectes et leur emploi en agriculture ». Il montre ainsi que la question; quoique depuis bien longtemps à l'étude, ne peut être encore considérée comme pratique. Elle paraît toutefois être appelée à le devenir dès qu'on connaîtra mieux les causes des épidémies, causes complexes, par suite difficiles à préciser et à mesurer.

D'une note sur « quelques Coccides reçus à la Station entomologique » on peut signaler la description de deux nouveaux insectes malgaches, nuisibles l'un au Caféier (*Lachnodius greeni* Vays.), l'autre au Manioc (*Mytilaspis dispar* Vays.).

En dehors de ces travaux, les *Annales du Service des Epiphyties* ont recueilli de nombreuses études intéressantes qui complètent des travaux antérieurs ou, au contraire, sont des préliminaires de mémoires. Telles sont les notes sur les parasites et les maladies de l'Asperge (P. Lesne, G. Arnaud, E. Blanchard), sur un parasite des Renonculacées horticoles (J. Chatanay), sur deux Curculionides nuisibles à la betterave (F. Picard), sur l'action insecticide de l'acide cyanhydrique (A. Vuillet), sur les maladies du Prunier (Rabaté), etc.

Enfin dans le même volume se trouve publié le Rapport phytopathologique pour l'année 1913, rédigé avec beaucoup de soins par le Directeur de la Station entomologique de Paris et le Directeur-adjoint de la Station de Pathologie végétale, à l'aide de nombreuses observations personnelles et des renseignements fournis par les agents du Service et les Directeurs des Services agricoles des Départements.

P. V.

1. *Annales du Serv. des Epiphyties*, t. I, Lib. Lhomme, 1913.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 20 Septembre 1915

M. Bassot fait part du décès de M. **Th. Albrecht**, Correspondant pour la Section de Géographie et de Navigation.

1° Sciences mathématiques. — M. **C. Camichel** : *Sur les coups de bélier; oscillations en masse.* L'auteur a fait, sur des conduites renfermant une ou plusieurs poches d'air, des expériences qui l'ont conduit aux résultats suivants : 1° dans le cas d'une seule poche d'air placée à l'extrémité inférieure de la conduite, la répartition du coup de bélier est linéaire d'un bout à l'autre de la conduite, résultat conforme à la formule de M. Rateau. La période d'oscillation est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la racine carrée du volume de la poche d'air; 2° en employant deux poches d'air, on obtient des graphiques mettant en évidence deux périodes, dont les valeurs concordent aussi avec le calcul.

2° Sciences physiques. — M. **R. Chudeau** : *La pression atmosphérique en Afrique occidentale et équatoriale.* A In Salah, le maximum est en janvier, le minimum en juillet. Au voisinage de l'équateur, le maximum principal est en juillet ou en août, le minimum en avril ou mai. Les stations égyptiennes permettent de suivre d'assez près le passage d'un type à l'autre. L'amplitude des variations annuelles atteint 8 mm. au Sahara, 4 aux stations continentales et 2 aux stations littorales. La marée diurne est très régulière et peut être observée presque tous les jours. — M. **J. Pougnet** : *Action des rayons ultra-violets sur le chlorure mercurique dissous et sur quelques sels de mercure.* L'auteur a constaté que sous l'action des rayons ultra-violets une solution de $HgCl^2$ se décompose avec dépôt de calomel; cette réaction est d'ailleurs réversible : en irradiant du calomel en suspension dans l'eau et en agitant constamment, on observe la formation progressive de $HgCl^2$. Les autres sels de mercure sont aussi décomposés par la lumière ultraviolette; ils résistent mieux à l'état sec. Il serait bon de conserver les substances mercurielles altérables dans des flacons colorés en rouge orangé. — MM. **Em. Bourquelot** et **A. Aubry** : *Synthèse biochimique, à l'aide de la glucosidase α, du monoglucoside α du glycol propylénique ordinaire.* L'auteur a obtenu ce monoglucoside par action de la glucosidase α sur des mélanges de glucose et de glycol en solution dans l'eau distillée. L'action synthétisante croît proportionnellement à la teneur en glycol; mais, quand cette teneur dépasse 40 gr. pour 100 cm³, l'action diminue rapidement et devient nulle pour 50 gr. Le glycol isopropylénique est donc plus toxique à l'égard de la glucosidase α que le glycol ordinaire.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Moutier** : *Les troubles de la circulation artérielle en rapport avec les circonstances de guerre.* Tous les sujets revenant du front examinés par l'auteur présentent une hypotension radiale, conséquence d'une vaso-dilatation périphérique, interdépendante et compensatrice d'une vaso-constriction interne. Par des applications de d'arsonvalisation à l'aide de la cage locale appliquée au niveau de l'abdomen, l'auteur a régularisé la tension artérielle et ramené la tension radiale à la normale. Certains blessés présentent également des troubles locaux de la circulation, qu'on peut traiter par la même méthode. — M. **A. P. Dustin** : *Le procédé de parthénogenèse expérimentale de Delage et son mode d'application.* L'auteur recommande, pour éviter des échecs dans la production de la parthénogenèse expérimentale au moyen du liquide de Delage au tannin ammoniacal, de diluer plus ou moins ce dernier avec de l'eau de mer ou une solution isotonique de saccharose. — M. **A. Brachet** : *Sur l'évolution cyclique du cytoplasme de l'œuf activé.* L'auteur a reconnu que les œufs d'oursin activés par l'acide butyrique subissent, dans la composition de leur cytoplasme, des changements d'allure cyclique qui se répètent deux fois dans les 50 premières minutes de leur immersion dans l'eau de mer. Au début et à la fin de chaque cycle, la substance de l'œuf est perméable au spermatozoïde; dans les intervalles, elle est réfractaire. L'irradiation qui se produit constamment dans l'œuf d'oursin, 50 à 80 minutes après le début de l'activation, n'empêche pas la fécondation; l'inhibition a eu lieu deux fois déjà avant qu'elle n'apparaisse. Dans la fécondation normale, l'activation ne ferme pas son premier cycle parce qu'elle se continue directement dans les phénomènes préparatoires à la segmentation; l'inhibition primaire est donc définitive et une polyspermie tardive est impossible. — Mlle **A. Raphael** et M. **V. Frasey** : *Toxine du vibrion septique et antitoxine correspondante.* Le vibrion septique peut donner en 24 heures une toxine très active; il est facile de la titrer, en quelques minutes, sur le lapin. L'immunisation du cheval contre ce poison se fait rapidement et sans danger. Le sérum ainsi obtenu manifeste, chez les animaux de laboratoire, des propriétés antitoxiques et antiinfectieuses, à la fois vis-à-vis du vibrion septique et du *Bacterium Chauvoei.* — M. **Ed. Heckel** : *Sur la transmission par graines des effets de la castration dans les tiges de maïs.* Les essais de l'auteur montrent que la propriété saccharifère des tiges du maïs semble bien transmise par les graines à la suite de 4 années de castration mâle pratiquée sans interruption sur une lignée continue. Sur cette race ainsi fixée, la castration, même tardive, a agi dans le sens de l'augmentation de la teneur en saccharose et glucose jusqu'à doubler la quantité de sucre du non châtré au châtré.

Séance du 27 Septembre 1915

1° Sciences physiques. — M. **R. Chudeau** : *La pluie et la tension de vapeur en Afrique occidentale et équatoriale.* L'auteur publie les valeurs moyennes des précipitations atmosphériques en 18 stations de l'Afrique occidentale et équatoriale. Elles sont encore trop incertaines pour qu'il y ait lieu de modifier les cartes d'isohyètes actuellement publiées. On peut toutefois fixer avec précision la limite méridionale du désert, où, par définition, il ne tombe que des pluies irrégulières, parfois abondantes, mais toujours rares. Cette limite part du cap Timiris (19° 22'), atteint 15° au nord du Tchad et remonte jusqu'à 17° dans l'Ouadaï; à la rencontre de tous les massifs élevés, elle est déviée vers le Nord. — M. **P. Vaillant** : *Sur les lois de l'écoulement des liquides par gouttes.* Les lois du phénomène indiquées précédemment par l'auteur (voir p. 320) se déduisent d'une loi plus générale qui est la suivante : Le poids p des gouttes est une fonction parabolique de la fréquence de chute N, de la forme : $p = \alpha D + m\beta N - n\gamma(N^2/d)$, d et D étant les diamètres intérieur et extérieur du tube, m et n étant deux entiers qui peuvent prendre : m les valeurs 1 ou 2, n les valeurs 1, 2 ou 4, β et γ étant d'autre part deux constantes indépendantes du tube et caractéristiques du liquide, α un coefficient également caractéristique du liquide, mais qui augmente légèrement lorsque D diminue. Pour l'eau, au voisinage de 20°, $\beta = 4{,}20$, $\gamma = 0.0157$ et α varie entre 1.400 et 1.600. Les entiers m et n paraissent déterminés par le diamètre extérieur des tubes. Pour D inférieur à 5 mm. environ, on aurait $m = 1$ avec $n = 1$; pour D plus grand, $m = 2$ avec $n = 4$ si le diamètre intérieur d est petit, $n = 2$ s'il

est supérieur au millimètre. — MM. **H. Le Chatelier** et **J. Lemoine** : *Sur l'hétérogénéité des aciers.* Les auteurs ont appliqué le réactif de Stead à la caractérisation du phosphore dans les aciers. Les meilleurs résultats sont obtenus avec le mélange suivant : alcool méthylique rectifié pur, 100 cm³ ; eau, 18 cm³ ; HCl concentré, 2 cm³ ; Cu Cl² cristallisé, 1 gr. ; Mg Cl² crist., 4 gr. Ce réactif, appliqué à la surface de tous les aciers, fait apparaître une série de bandes parallèles très nettes. La formation de ces bandes n'est pas due exclusivement au phosphore ; en son absence, elles peuvent être provoquées par la présence de tout autre corps soluble dans la ferrite et incapable de se diffuser, ou ne le faisant que très lentement : Si, Mn, Ni, Cr. Ces expériences montrent, d'une façon générale, l'hétérogénéité de tous les aciers. — M. **J. Wolff** et Mlle **N. Rouchelmann** : *Sur les propriétés d'un chromogène universellement répandu dans les végétaux.* Les auteurs ont vérifié, chez un grand nombre de familles végétales, l'existence de substances qui ont la propriété de s'oxyder à la manière des phénols sous l'influence de la laccase et de reprendre l'H cédé lorsque, à cette action, on ajoute celles d'un iodure alcalin et d'un acide organique. Le gaïacol est le seul composé aromatique bien défini qui se rapproche du chromogène des végétaux.

2° Sciences naturelles. — M. **J. Bergonié** : *Sur une nouvelle méthode de traitement physique des séquelles de blessures : le massage pulsatoire pneumatique.* Si l'on prend un grand tambour de Marey, c'est-à-dire une cavité close à parois rigides à l'exception d'une seule, souple et élastique, et qu'on applique cette dernière en maintenant l'appareil sur la face dorsale d'une main déformée par blessure, ankylosée, raidie, ou sur toute autre lésion cicatricielle, on peut, par des variations rythmées de pression transmises à ce tambour récepteur par un organe conjugué transmetteur, arriver à masser mécaniquement et très efficacement ces blocs cicatriciels : c'est le massage pulsatoire pneumatique. L'application de cette méthode a donné des résultats particulièrement favorables avec toutes les séquelles de blessures dans lesquelles le massage agit d'ordinaire efficacement. — M. **P. Portier** : *Résistance aux agents chimiques de certaines races du B. subtilis provenant des insectes.* L'auteur a observé que certaines races de *B. subtilis* provenant d'insectes (larve du *Tenebrio molitor*, chenille du *Myelois Cribrella*) ont une résistance aux agents chimiques qui dépasse tout ce qui a été observé jusqu'ici. Ils vivent encore après traitement par : le phénol à 5 °/₀ pendant plus de 50 h., le formol à 20 °/₀ pendant plus de 25 h., la teinture d'iode au 1/10 pendant plus de 24 h., le chloroforme pur pendant plus de 14 mois, l'alcool absolu, l'éther sulfurique et le chloroforme bouillants. — M. **P. W. Stuart Menteath** : *Sur le Permien des Pyrénées occidentales.* Le Permien des Pyrénées est souvent confondu avec le Trias. Il se compose de plus de 150 m. d'argillite micacée d'un rouge intense avec deux bancs de conglomérat quartzeux à géodes de quartz et de baryte, et il est surmonté par 15 m. d'un poudingue représentant partout la base du Trias. Il repose toujours sur le terrain houiller, auquel il passe insensiblement. Cette concordance du Permien sur le Houiller est très importante au point de vue des recherches de houille, et il semble dès maintenant que ce dernier terrain est plus développé dans les Pyrénées qu'on ne le supposait. — M. **J. Welsch** : *Les lignites pléistocènes de Bidart (Basses-Pyrénées).* Il existe au sud de Biarritz des dépôts de lignite, dont l'âge est très voisin du Pliocène moyen ; les plantes citées répondent à une flore différente de celle qu'on retrouve actuellement dans ces mêmes régions. Il en résulte qu'il y avait de grandes vallées, déjà creusées au Pliocène ; elles s'ouvraient à l'Ouest, comme celles d'aujourd'hui. Il n'existe aucune preuve certaine d'un déplacement du niveau du sol, submersion ou émersion, depuis l'époque de la formation du lignite pliocène, pour la région considérée ; le niveau de la mer pouvait être le même qu'aujourd'hui.

Séance du 4 Octobre 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **E. E. Barnard** : *Sur de grands mouvements propres soupçonnés dans les étoiles voisines de l'amas Messier 11.* L'auteur a examiné au stéréocomparateur Zeiss deux photographies de la région de l'amas Messier 11, obtenues le 29 juin 1892 et le 13 août 1914, donc séparées par un intervalle de 22 ans, et n'a pu apercevoir aucune trace de mouvement propre dans ces étoiles. Les conclusions différentes de M. J. Comas Sola (voir p. 529), basées sur l'examen de deux photographies séparées par un intervalle de trois ans seulement, semblent être le résultat d'une illusion. — M. **C. Camichel** : *Sur les coups de bélier : conduite entièrement purgée.* Par des expériences faites sur une conduite entièrement purgée d'air, l'auteur a pu vérifier la formule de MM. Joukovsky et Allievi donnant la vitesse de propagation de l'onde et la formule du coup de bélier. Au moyen d'un robinet mû par un moteur, il a produit des résonances, comme dans le cas des poches d'air, et observé des ondes stationnaires ; en faisant varier la vitesse du robinet, il a mis en évidence le coup de bélier fondamental et les 2ᵉ, 3ᵉ, 4ᵉ et 5ᵉ harmoniques.

2° Sciences physiques. — MM. **A. Debierne** et **Cl. Regaud** : *Sur l'emploi de l'émanation du radium condensée en tubes clos à la place des composés radifères, et sur le dosage de l'énergie dépensée dans les applications radioactives en général.* On sait que les propriétés utilisables en radiothérapie d'un appareil contenant du radium appartiennent, non au radium lui-même, mais à l'émanation. En extrayant celle-ci par le vide des solutions radiques, puis la condensant, à l'aide de l'air liquide, dans de petits tubes de verre qu'on scelle ensuite au chalumeau, on obtient des appareils dont l'application locale produit les mêmes effets biologiques que celle des appareils à sels de radium. Pour le dosage de la radioactivité dépensée dans toutes les applications locales, les auteurs proposent d'adopter le millicurie d'émanation détruite, facile à calculer d'après la mesure de la radioactivité faite au moment de la préparation du tube et le temps écoulé depuis lors. — M. **A. Colson** : *Des chaleurs dégagées par un corps solide passant à l'état de dissolutions saturées ou diluées. Cas du sel marin.* La chaleur de saturation moléculaire du sel marin, qui répond sensiblement à 460 frigories vers 15°, varie peu de part et d'autre de cette température. Au contraire, à l'état dilué (12,5 gr. Na Cl dans un litre d'eau), l'effet thermique produit par la dissolution vers 7° dépasse 1640 frigories et diminue de 27 °/₀ à 22°. De plus, cet effet thermique s'abaisse encore de 4 °/₀ quand la dilution passe de 12,5 à 36 gr. de sel par litre d'eau. En un mot, pour les solutions diluées de sel marin, il n'existe pas de régime thermique permanent, caractérisé par une chaleur de dissolution constante. — M. **B. Bogitch** : *Sur la solubilité réciproque du cuivre et du plomb.* Le plomb et le cuivre fondus ensemble forment une double couche lorsque la teneur en cuivre dépasse 34,5 et est inférieure à 87 °/₀. Cette double couche liquide ne peut exister qu'entre la température de solidification de la couche supérieure (940°) et la température de 975° au-dessus de laquelle l'auteur n'a pu constater aucune différence dans la composition du haut et du bas de la masse liquide.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Heim** : *Sur la géologie de la partie méridionale de la Basse Californie.* L'auteur a étudié en particulier la région centrale de la partie méridionale de la Basse Californie, considérée en général comme appartenant au Crétacé supérieur. Il y a trouvé les terrains suivants : Oligocène (?), Miocène, Pliocène, Quaternaire, Pléistocène marin (en discordance sur le précédent), formations récentes. Le Miocène est traversé par des veines basiques et recouvert de nappes de laves balsatiques très étendues. — M. **H. Douvillé** : *Les Orbitoïdes de la presqu'île de Californie.* L'auteur a déterminé des Orbitoïdes trouvées par M. Heim dans des grès de la base du Tertiaire. Ce sont des

Orthophragmina très proches de l'*O. Pratti*, ce qui permet d'attribuer à l'Eocène supérieur les couches où elles se rencontrent.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 14 Septembre 1915

M. Ad. d'Espine et **Mlle Cottin** : *Un cas de bradycardie vraie par dissociation totale auriculo-ventriculaire chez un garçon de neuf ans.* L'état de cet enfant se caractérise par la lenteur du pouls, qui est régulier et bat 30 pulsations à la minute; cette bradycardie est vraie, c'est-à-dire que le nombre des pulsations cardiaques est le même que celui des pulsations radiales. Les soulèvements auriculaires, équidistants, sont au nombre de 104 par minute; leur rythme est régulier, mais absolument indépendant de celui du ventricule, qui ne répond, en moyenne, qu'une fois sur quatre à l'excitation partie de l'oreillette. Il y a donc dissociation auriculo-ventriculaire complète. L'épreuve de l'atropine montre que la bradycardie est liée à une lésion du faisceau de His. Celle-ci est probablement d'origine syphilitique et intra-utérine, la réaction de Wassermann étant positive.

Séance du 21 Septembre 1915

M. Th. Tuffier : *De la désinfection précoce des plaies de guerre.* L'auteur montre l'importance de cette question, l'infection étant la règle dans les plaies de guerre et les 75 % des amputations lui étant uniquement dus. Aussi il faut pratiquer cette désinfection le plus tôt possible, au poste de secours ou à l'ambulance immobilisée. Comme technique générale : 1° combattre le choc; 2° préciser par la radiographie l'existence ou le siège des projectiles ou la nature des fractures; 3° faire une narcose à l'éther, sauf contre-indications; 4° nettoyer la peau à l'essence, à la teinture d'iode, en protégeant bien la surface de la plaie; irriguer la plaie dans toutes ses parties avec l'hypochlorite de soude préparé suivant la méthode de Dakin, en l'explorant prudemment du stylet ou du doigt et extirpant tous les corps étrangers; 5° faire le pansement de Carrel avec le liquide de Dakin. Par cette méthode, on évite toute suppuration et la température du blessé se maintient à la normale. — MM. **A. Sarrailhé**, **P. Armand-Delille** et **Ch. Richet fils** : *Note sur l'épidémie de fièvre de trois jours (dengue d'Orient) observée aux Dardanelles sur les troupes du corps expéditionnaire d'Orient.* Les auteurs ont observé une affection ressemblant à la dengue, caractérisée par une fièvre de 3 jours, accompagnée de courbatures musculaires et osseuses très douloureuses, et suivie quelquefois d'une rechute de durée variable après la défervescence. Cette affection est exceptionnellement éruptive, à la différence de la dengue, qui est toujours accompagnée d'exanthème avec desquamation. Ce qui semble confirmer la différence entre les deux maladies, c'est que la première est transmise par un Diptère piqueur spécial, le *Phlebotomus Papatasii*, constamment observé dans les foyers de la maladie, et non par le *Culex fatigans*, agent causal de la dengue d'Extrême-Orient.

Séance du 28 Septembre 1915

M. le Président annonce le décès de **M. M. Oui**, correspondant national.

M. le Dr **Rosenblith** : *Contribution à l'étude des effets thérapeutiques du chlorure de magnésium.* Le pansement au chlorure de magnésium, auquel l'auteur est arrivé par la voie clinique, lui a donné des résultats identiques à ceux de MM. Delbet et Karajanopoulo, qui y sont arrivés par la voie expérimentale. Ces résultats montrent qu'en utilisant l'action du $Mg\,Cl^2$ sur la phagocytose étudiée par ces auteurs et les propriétés inhibitrices et cyto ou histogéniques observées par le Dr Rosenblith, on peut obtenir une cicatrisation plus rapide en évitant la suppuration prolongée, qui est une des causes de l'incurabilité provisoire ou définitive d'un grand nombre de nos blessés. — **M. L. Bernard** : *Les infections typhoïdes et la vaccination anti-typhoïde.* En réunissant les cas d'infection paratyphique et les cas à bacilles d'Eberth observés par l'auteur, la gravité générale est chez les vaccinés de 19, 4 % et chez les non vaccinés de 29, 3 %. La mortalité générale est, chez les non-vaccinés, de 17, 2 % et chez les vaccinés de 5, 6 %. La vaccination abaisse donc la mortalité des deux-tiers. Et comme cette mortalité, dans la série présente, est exclusivement le fait des infections paratyphiques, on voit à quel degré elle serait réduite si la vaccination avait été pratiquée avec du vaccin triple et non avec du vaccin simple.

Séance du 5 Octobre 1915

M. A. Pinard : *La protection de l'enfance pendant la première année de guerre dans le camp retranché de Paris.* L'auteur montre qu'au cours de la première année de guerre, dans le camp retranché de Paris : 1° la mortinatalité a diminué; 2° la mortalité maternelle puerpérale a diminué; 3° la mortalité infantile totale de zéro jour à trois ans a été sensiblement la même que l'année précédente; 4° cette mortalité a été grevée dès les premiers mois (août et septembre) par l'entérite et la diarrhée cholériforme : 446 en 1913-1914, 602 en 1914-1915, et par l'épidémie de rougeole qui a sévi pendant toute l'année de guerre : 234 décès en 1913-1914, 650 en 1914-1915; 5° la mortalité de zéro jour à trois mois a diminué; 6° la mortalité par débilité congénitale a diminué; 7° le nombre des enfants abandonnés a diminué; 8° la durée de la gestation a été prolongée; 9° le poids moyen des enfants au moment de la naissance a augmenté. Ces résultats, qui proviennent des mesures de protection de l'enfance instituées dès le début de la guerre, montrent la nécessité d'incorporer un organisme analogue dans l'organisation sociale prochaine de la France. — MM. **Al. Carrel**, **Dakin**, **Daufresne**, **Dehelly** et **Dumas** : *Traitement abortif de l'infection des plaies.* Les auteurs exposent leur méthode de stérilisation des plaies de guerre, toujours infectées, qui repose sur l'emploi de la solution d'hypochlorite de soude préparée par la méthode de Dakin. Le traitement, qui doit toujours être très précoce, comprend : le nettoyage mécanique de la plaie, puis la stérilisation chimique; les membres atteints de fracture sont soigneusement immobilisés; les lèvres d'une plaie ne sont réunies que lorsqu'elle est devenue aseptique.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 23 Avril 1915

1° Sciences mathématiques. — **M. Jan de Vries** : *Une congruence bilinéaire particulière de courbes gauches rationnelles du cinquième degré.* Suite d'un travail présenté dans la séance précédente. L'auteur part maintenant d'un réseau de surfaces réglées cubiques, qui ont une droite double. — **M. Jan de Vries** : *Congruences bilinéaires de courbes gauches elliptiques et hyperelliptiques du cinquième degré.* L'auteur considère un réseau de surfaces cubiques, dont tous les individus ont en commun une courbe rationnelle du quatrième degré. — **M. L. E. J. Brouwer** : *Remarque sur les ensembles limites intérieurs.* — **M. W. de Sitter** : *Sur le rayon moyen de la Terre, l'accélération due à la pesanteur et la parallaxe de la Lune.* Nouveau calcul de ces grandeurs importantes en Astronomie. — **M. W. de Sitter** : *Sur l'isostasie, les moments d'inertie et l'aplatissement de la Terre.* Considérations dont la conclusion est qu'aucune méthode de détermination de l'aplatissement de la Terre n'est aussi précise que celle déduite de la constante de la précession. — **M. W. de Sitter** : *Le mouvement du périgée et du nœud et la constitution de la Lune.* L'auteur conclut de ses considérations que la Lune n'est pas constituée conformément à la théorie de Clairaut; il

tâche d'en donner une explication. — MM. E. F. van de Sande Bakhuyzen et W. de Sitter présentent un travail de M. **J. Woltjer Jr.** : *Observations de la Lune pendant l'éclipse de Soleil du 21 août 1914 et du passage de Mercure le 7 novembre 1914, effectuées à l'Observatoire de Leyde.* Pendant l'éclipse de Soleil du 21 août 1914, le Soleil et la Lune passaient au méridien ; à l'aide du cercle méridien, la déclinaison du bord sud de la Lune fut déterminée. Lors du passage de Mercure, les instants des contacts intérieurs et extérieurs furent déterminés à l'aide du grand réfracteur de 266 mm.

2° Sciences physiques. — M. **F. A. H. Schreinemakers** : *Equilibres dans les systèmes ternaires.* XVIII. Examen théorique de quelques cas d'équilibre entre des phases solides et la vapeur. — MM. J. D. van der Waals et A. F. Holleman présentent un travail de MM. **A. Smits** et **S. C. Bokhorst** : *Sur les courbes de tension de vapeur du système phosphore.* IV. Nouvelles déterminations des tensions de vapeur du phosphore blanc liquide ; elles ont appris que les déterminations précédentes (communiquées dans la séance du 27 mars) sont inexactes, par suite d'un autoéchauffement du liquide, dû à sa transformation en phosphore violet. D'après ces nouvelles déterminations, les courbes de tension de vapeur du phosphore blanc liquide et du phosphore violet liquide constituent une seule et même courbe, pouvant être représentée par une seule formule ; le phosphore blanc liquide est donc bien du phosphore violet liquide en surfusion. — MM. P. van Romburgh et H. Haga présentent un travail de M. **F. M. Jaeger** : *Recherches sur le principe de Pasteur concernant la relation entre l'asymétrie moléculaire et l'asymétrie physique.* II. Description cristallographique des substances qui ont servi aux recherches décrites dans la première partie du travail (communiquée dans la séance précédente). — MM. P. van Romburgh et Ernst Cohen présentent un travail de MM. **F. M. Jaeger** et **Jul. Kahn** : *Recherches sur le coefficient de température de l'énergie moléculaire de la surface libre de liquides entre — 80° et 1650° C.* IX. *L'énergie superficielle d'amines aliphatiques homologues.* Le remplacement d'atomes H dans la molécule NH^3 par des résidus hydrocarbonés fait croître régulièrement la tension superficielle. Les coefficients de température de l'énergie superficielle moléculaire sont généralement petits, surtout pour les amines primaires. Le remplacement de H par des résidus hydrocarbonés non saturés augmente l'énergie superficielle plus que le remplacement par des radicaux saturés. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de MM. **A. Einstein** et **W. J. de Haas** : *Preuve expérimentale de l'existence des courants moléculaires d'Ampère.* S'il est vrai que le magnétisme est dû à des électrons circulant en cercle autour de la molécule, il faut que la molécule magnétique se comporte comme un gyrostat, dont l'axe coïncide avec l'axe magnétique, c'est-à-dire qu'elle doit avoir un moment de quantité de mouvement de même direction que le moment magnétique. Si l'état magnétique change, les gyrostats changent en même temps d'orientation et le moment de la quantité de mouvement change aussi. Or, la loi de la conservation de la quantité de mouvement exige que ce changement soit compensé par un autre moment de quantité de mouvement, de nature mécanique, c'est-à-dire qu'un couple doit agir sur le corps, qui se mettra à tourner. C'est l'existence de cet effet qui est démontrée dans ce travail. — MM. **Ernst Cohen** et **S. Wolff** : *L'allotropie du sodium.* I. Observations dilatométriques ayant pour but de fixer les limites de stabilité des deux formes de sodium, dont l'existence avait été établie récemment (séance du 30 décembre 1914) par MM. E. Cohen et G. de Bruin, et d'examiner si l'on a affaire à un cas d'énantiotropie ou de monotropie. Le point de transformation, dont ces auteurs avaient présumé l'existence, n'existe pas en réalité, de sorte que le sodium est monotrope. — MM. J. Boeke et F. A. H. Schreinemakers présentent un travail de M. **A. B. Droogluver Fortuyn** : *La décoloration de solutions de fuchsine par le carbone amorphe.* L'auteur a observé qu'une solution de fuchsine, décolorée par le carbone, puis filtrée, reprend à la longue en grande partie sa couleur ; il se borne à mentionner le fait sans l'expliquer. — M. **P. van Romburgh** : *Sur l'action de la méthyléthylcétone sur la tétranitrophénéthylméthylnitramine-2 : 3 : 4 : 6.*

3° Sciences naturelles. — M. **J. Boeke** : *Sur la structure et l'innervation du muscle sphincter de la pupille et du muscle ciliaire dans l'œil d'oiseau.* — MM. L. Bolk et J. Boeke présentent un travail de M. **W. A. Mysberg** : *Sur la structure de la paroi musculeuse de l'abdomen des Primates.* Chez les Catarrhiniens et les Platyrrhiniens, il existe entre les muscles oblique externe et oblique interne de l'abdomen une membrane, que l'auteur appelle *membrana abdominis intermedia ;* description de cette membrane et de ses rapports avec le muscle droit. — MM. F. A. F. C. Went et J. W. Moll présentent un travail de M. **W. Docters van Leeuwen** et Mad. **J. Docters van Leeuwen-Reynvaan** : *Sur la germination des graines de quelques Loranthacées javanaises.* Malgré de grandes différences, il y a beaucoup d'analogie dans la germination des graines des diverses espèces examinées. La germination des espèces de *Viscum* est la plus simple ; elle ressemble beaucoup à celle de diverses graines d'épiphytes. C'est chez les *Loranthus pentandrus* et *prælongus* que la germination est la plus spécialisée ; chez ces espèces, elle s'effectue le plus rapidement et les plantules atteignent le plus vite leur hôte. — M. **H. Zwaardemaker** : *Sur la mesure du son.* Exposé des règles qui, dans ces dernières années, ont été reconnues comme les plus pratiques pour la mesure du son ; elles se rapportent à la mesure physiologique du son, à la mesure physique et à l'obtention de sources sonores ponctuelles. — MM. J. K. A. Wertheim Salomonson et H. Zwaardemaker présentent un travail de M. **S. de Boer** : *Sur le rythme du cœur.* Mesure de l'intervalle qui sépare le commencement de la systole de l'oreillette et le commencement de la systole ventriculaire suivante. Cet intervalle ne représente pas seulement la durée de propagation de l'excitation de l'endroit où elle atteint l'oreillette jusqu'à celui où elle atteint le ventricule, mais encore le temps qu'il faut à l'excitation pour affecter le ventricule, c'est-à-dire la durée d'excitation latente. L'existence de cette durée est montrée sur quelques électrogrammes. — MM. C. E. A. Wichmann et W. H. Julius présentent un travail de M. **C. G. S. Sandberg** : *Sur une explication possible du volcanisme.* Il est inadmissible que l'eau de mer vienne en contact avec le magma liquide par de profondes fissures, mais il est possible que les gaz volcaniques proviennent de la décomposition d'eau de mer contenue dans des sédiments marins. Ces sédiments seraient les produits d'érosion des géo-anticlinaux, déposés sous la mer dans les géo-synclinaux. Les roches sédimentaires descendraient de plus en plus bas par l'accumulation continuelle de nouveaux produits d'érosion, et finalement elles seraient elles-mêmes plastiques ou liquides ; l'eau prendrait une tension excessivement grande et la vapeur, entraînant des masses plastiques, se dégagerait à travers les fissures du géo-anticlinal.

J.-E. V.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 21 15 NOVEMBRE 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Edouard Prillieux. — Ed. Prillieux, né à Paris en 1829, vient de mourir dans sa propriété de la Malélèche (Loir-et-Cher) le 7 octobre 1915, après une longue vie consacrée à la science et à la défense agricole contre les ennemis des végétaux.

Elève distingué de l'Institut agronomique de Versailles, fondé en 1850 par la seconde République, supprimé par l'Empire en 1853, il eut pour maître Duchartre, qui présidait alors aux expériences de destruction de l'oïdium par la fleur de soufre.

Malgré la fermeture de l'Institut de Versailles, il put jouir de la mission accordée au meilleur élève, et il fut chargé d'étudier les vignobles dévastés par l'oïdium et de surveiller les traitements institués par Duchartre. Il inaugurait ainsi à sa sortie de l'Institut agronomique les premières observations de la Pathologie végétale qu'il a illustrée par ses travaux, dont il a créé plus tard l'enseignement et organisé le premier Laboratoire de recherches.

Toutefois, les premiers travaux de Prillieux concernent seulement la Botanique et sont consacrés à des observations anatomophysiologiques excellentes sur les Orchidées. Après avoir fait connaître l'origine radiculaire des bulbes d'Orchis et confirmé les résultats contestés de Thilo Irmisch, il a étudié en détail les diverses formes de l'appareil végétatif de ces plantes; il a montré que l'embryon reste rudimentaire et qu'il germe en formant un bulbe transitoire muni de poils radicaux, développant plus tard des feuilles et des racines. Chez une espèce européenne, le *Corallorhyza innata*, cet état transitoire persiste longtemps et les racines ne se forment pas.

C'est à Prillieux qu'on doit l'observation de l'existence, dans les cellules de la racine de certaines Orchidées, d'un mycélium dont les filaments s'étendent dans l'humus avoisinant : premier exemple du symbiotisme maintenant si répandu et caractérisé par les mycorhyzes.

Les effets mortels de la gelée sur les végétaux étaient attribués souvent à la déchirure des tissus par la glace qui y avait pris naissance. Prillieux montre que, sous l'influence du froid, les cellules sont tuées et le protoplasme laisse extravaser la plus grande partie de son eau qui cristallise dans les méats en aiguilles plus ou moins volumineuses. Au moment du dégel, l'eau de fusion s'échappe et les tissus se fanent. Ces données ont été vérifiées par de nombreuses observations faites au moment du grand hiver 1879-1880.

L'œuvre de Prillieux, déjà importante, avait attiré l'attention. En 1874, il était nommé professeur de Phytotechnie à l'Ecole centrale. En 1876, au moment de la reconstitution de l'Institut national agronomique à Paris, il fut appelé à la chaire de Botanique pour y reprendre, à 25 ans de distance, l'enseignement que Duchartre avait créé à Versailles.

Pénétré de l'importance que présente, pour de futurs agriculteurs, la connaissance des maladies des plantes et des moyens de préservation, il fit une large place, dans son enseignement, à la Pathologie végétale.

Désormais sa voie était tracée et, depuis ce moment, toute son activité fut employée à perfectionner nos connaissances sur cette branche un peu trop négligée de la Cryptogamie et dépourvue, comme elle, d'enseignement officiel. De nombreuses missions accomplies avec succès sur le phylloxéra, le mildiou, le black-rot, lui ont permis de préciser certains points de l'évolution de ces redoutables parasites et de diriger plus efficacement les traitements destinés à atténuer leurs ravages.

La création du Laboratoire de Pathologie végétale, le premier laboratoire de ce genre en Europe, d'abord annexé à l'Institut agronomique, puis plus tard indépendant, vint fournir de nombreux sujets de recherches à son activité toujours en éveil. Grâce aux matériaux récoltés dans les nombreuses missions dont il fut chargé, ou apportés au laboratoire par les cultivateurs empressés de chercher ses conseils, Prillieux put, soit seul, soit avec son élève Delacroix, étudier la plupart des maladies des plantes agricoles, fruitières ou forestières, et le plus souvent il a réussi à découvrir, puis à isoler le parasite auteur des dommages et à formuler les meilleurs moyens d'enrayer son action.

Signalons au hasard, parmi ses nombreuses publications originales, des mémoires : sur les maladies des

Céréales, couronné par l'Académie des Sciences; sur le Seigle enivrant; sur la momification des fruits du Cognassier; sur diverses maladies de la Betterave; sur le javart qui décime les taillis de Châtaignier; sur le Piétin du Blé, dont l'origine parasitaire n'avait pas encore été soupçonnée; sur la nuille des Melons; sur les diverses affections d'origine bactérienne, sur les maladies vermiculaires des plantes; etc.

En 1895, Prillieux complète son œuvre en publiant un livre sur les maladies des plantes, où la documentation précise et complète ne le cède pas à la clarté de l'exposition. A côté du résumé des travaux étrangers, ses recherches propres et celles de son élève Delacroix tiennent une grande et légitime place.

L'apparition de cet ouvrage fit sensation, car, en dehors du magistral traité de Viala sur les maladies de la Vigne, il n'existait en France aucun livre de ce genre. C'est un modèle auprès duquel les manuels allemands paraissent prétentieux et indigestes.

Prillieux avait le droit de se reposer et de considérer son œuvre avec fierté : il avait créé l'enseignement de la Pathologie végétale en France, installé une station de recherches qui devait devenir la clé de voûte d'une organisation défensive contre les parasites végétaux. Mais il n'était pas de ceux qui acceptent un repos prématuré. Lorsque la retraite vint l'enlever à l'enseignement qui lui était si cher, il se consacra tout entier à la Station de Pathologie végétale et il continua, dans les sociétés scientifiques et dans les commissions agricoles, à apporter les précieux conseils de sa haute expérience.

Membre de l'Académie d'Agriculture depuis 1876, il fut à plusieurs reprises Président de la Société Botanique de France et de la Société mycologique. En 1899, l'Académie des Sciences l'admit dans la section de Botanique, où il remplaça Naudin.

Très attaché à son pays d'adoption, il avait su gagner l'estime et l'affection de ses concitoyens par la fermeté de ses convictions, par sa droiture étrangère aux compromissions. C'était un savant modeste et un homme de bien dont le souvenir sera pieusement conservé par ses confrères, ses élèves et ses amis.

L. Mangin,
Membre de l'Institut,
Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

§ 2. — Physique

L'équivalent mécanique de la lumière. — La détermination de l'équivalent mécanique de la lumière a été l'objet de nombreuses recherches de la part de Tumlirz, Angström, Buisson et Fabry, etc. On définit ainsi le nombre des unités d'énergie équivalentes à l'énergie rayonnante *visible*, émise pendant l'unité de temps dans un angle solide égal à l'unité, par une source ayant l'unité d'intensité lumineuse. La détermination de cette grandeur e suppose la mesure de la quantité totale d'énergie E émise par la source et du rapport c de l'énergie visible e à l'énergie totale E $\left(c = \frac{e}{E}\right)$.

En réalité, on sait que dans le spectre visible la sensibilité de l'œil varie énormément avec la longueur d'onde et que les diverses radiations simples sont d'une utilité très différente ; les radiations qui sont sur les confins du spectre visible ne contribuent pour ainsi dire pas à la vision.

Aussi y a-t-il intérêt pour le physicien et pour l'ingénieur à modifier la définition précédente de l'équivalent mécanique et à définir la lumière comme un flux d'énergie radiante évalué en raison de sa capacité à produire la sensation lumineuse.

Il serait plus logique de prendre comme unité de flux lumineux un flux d'énergie égal à un watt et dont la longueur d'onde corresponde à la sensibilité lumineuse maxima de l'œil. Ou bien de prendre simplement comme unité de flux lumineux le watt et de rechercher combien de watts sont nécessaires à la production d'un flux égal à un *lumen*[1] pour un rayonnement monochromatique correspondant à la sensibilité maxima[2].

Toutes les méthodes de mesure de l'équivalent mécanique de la lumière supposent l'évaluation d'un même flux lumineux en watts et en lumens. En réalité, le plus souvent la valeur du flux lumineux en watts doit être déduite de la valeur du rayonnement total et de celle du rendement lumineux. On peut classer en trois groupes différents les méthodes utilisées.

1° *Méthodes graphiques utilisant la distribution de l'énergie dans le spectre.* — Ainsi Nernst a mesuré l'éclat du corps noir ; la valeur totale du flux rayonné par un centimètre carré dans l'angle solide unité pour les différentes températures a été l'objet de nombreuses déterminations et la distribution de l'énergie à travers le spectre a été calculée par la relation de Wien. En multipliant les ordonnées de cette dernière courbe par la sensibilité de l'œil pour les différentes longueurs d'onde, on obtient une nouvelle courbe, dont l'aire, comparée à l'aire de la courbe de Wien, donne le rendement lumineux effectif. Le produit de la puissance rayonnée par ce rendement lumineux fournit l'expression du flux lumineux en watts qu'il suffit de comparer au flux lumineux évalué en lumens.

Des mesures effectuées par Yves sur la lampe à incandescence lui ont permis d'établir que le lumen vaut environ 1/800 de watt.

2° *Méthodes dans lesquelles l'évaluation de la puissance lumineuse s'obtient par l'emploi d'un milieu absorbant.* — Imaginons un écran absorbant dont la transmission soit donnée par la courbe spectrale de sensibilité de l'œil avec un maximum de transmission égal à l'unité. Mesurons en unités absolues le rayonnement transmis. Evaluons le flux lumineux de la même source en lumens. Le quotient donne l'équivalent de la lumière.

Cette méthode, suggérée par Houstoun, est la plus simple et la plus directe, à condition de connaître la courbe de sensibilité de l'œil et d'avoir obtenu le milieu absorbant idéal. Aucune des déterminations faites par cette méthode n'a été publiée.

3° *Méthodes utilisant un rayonnement monochromatique.* — Ces méthodes, dont le principe ne diffère pas des précédentes, présentent quelques avantages. Par exemple, la valeur obtenue pour l'équivalent mécanique d'une radiation monochromatique a une valeur indépendante de la courbe spectrale de sensibilité de l'œil choisie par l'expérimentateur. La grande difficulté d'application réside dans la mesure photométrique des lumières colorées.

MM. Buisson et Fabry, étudiant par cette méthode la radiation verte monochromatique du mercure, ont trouvé que le watt vaut 1/690 de lumen.

MM. Yves, Coblentz et Kingsbury se sont proposé d'obtenir avec une précision aussi grande que possible la valeur du lumen en fonction du watt. Les méthodes utilisées, qui appartiennent aux 2e et 3e groupes, ont permis d'établir que la production du lumen nécessite 617,8 watts.

La principale incertitude du résultat provient du côté physiologique. Elle disparaîtra lorsqu'un nombre suffisant de recherches aura permis d'établir la courbe de sensibilité spectrale pour l'œil moyen. Les expériences faites sont d'ailleurs indépendantes de cette courbe et le résultat pourra être aisément modifié.

Ces tentatives en vue de réduire le nombre des unités physiques et d'exprimer la quantité de lumière en unités d'énergie sont intéressantes, aussi bien pour le physicien que pour l'ingénieur, et méritaient d'être signalées.

A. B

1. On rappelle que le *lumen* est la lumière produite par une source d'intensité lumineuse uniforme de 1 bougie dans un angle solide de 1 sphéradian, c'est-à-dire un angle solide découpant une surface de 1 mètre carré dans une sphère ayant 1 mètre de rayon.

2. Yves, Coblentz et Kingsbury : *Physical Review*, avril 1915.

Un grand progrès dans la téléphonie sans fil.— La téléphonie sans fil vient d'accomplir un immense progrès par la transmission, réalisée pour la première fois le 29 septembre dernier, de la voix humaine par les ondes hertziennes d'Arlington à San Francisco, à travers toute l'étendue des Etats-Unis.

Les premiers essais de transmission sans fil de la parole, dus à Fessenden, n'avaient couvert qu'une distance de 20 kilomètres à peine, entre Brant Rock et Plymouth. Des perfectionnements successifs permirent d'augmenter progressivement cette distance jusqu'à 650 kilomètres, où l'on atteignait la limite d'emploi des modulateurs au carbone. Depuis lors, on n'avait réalisé aucun progrès nouveau.

En ces dernières années, toutefois, les ingénieurs de l'American Telephone and Telegraph Company avaient repris l'étude du problème, en cherchant à développer des instruments capables de moduler les grandes puissances qui sont nécessaires dans les transmissions sans fil. Au commencement de cette année, la Compagnie édifiait une station à Montauk Point, d'où elle téléphonait sans fil, par un nouveau procédé, d'abord avec la station de Wilmington, à 320 kilomètres, puis avec celle de l'île Saint-Simon, à 1.600 kilomètres. Le possibilité de communications à longue distance ayant été démontrée, la Compagnie empruntait ensuite la grande station d'Arlington, appartenant à la Marine des Etats-Unis, et le 27 août des conversations très claires étaient échangées avec la station navale de Darien, dans l'isthme de Panama, éloignée de 3.400 kilomètres. Enfin, le 29 septembre, une expérience décisive était préparée : des récepteurs étaient disposés aux stations navales de Mare Island, près San Francisco, et de San Diego (Californie), distantes respectivement de 4.000 et 3.700 kilomètres d'Arlington. Peu après midi, M. Th. N. Vail, président de la Compagnie, s'entretenait d'une façon parfaitement intelligible avec M. J. J. Carty, ingénieur en chef, à Mare Island.

Cette conversation était entendue simultanément à San Diego, à Darien et — fait encore plus remarquable — à la petite station de Pearl Harbour, près d'Honolulu, dans les îles Hawaï, à une distance de 7.850 kilomètres. En ce dernier poste, la voix était beaucoup plus faible et interrompue par des phénomènes d'interférence statique, mais on perçut distinctement un grand nombre de mots et des phrases entières.

L'American Telephone and Telegraph Company a gardé, pour des raisons faciles à comprendre, le secret sur les appareils qui lui ont donné de si remarquables résultats. Mais, dans les cercles compétents des Etats-Unis, on estime que ces résultats sont principalement dus à l'emploi des relais thermoioniques comme « répétiteurs chantants » pour la génération des oscillations à haute fréquence, d'appareils analogues pour moduler les radio-fréquences de grande puissance ainsi obtenues, et d'amplificateurs supplémentaires pour augmenter la réponse à la station réceptrice.

Les ingénieurs de la compagnie estiment que l'établissement de communications radiotéléphoniques régulières entre les Etats-Unis et l'Europe sera possible dès la fin de la guerre[1].

§ 3. — Photographie

Le voile dichroïque. — Comme l'indique l'épithète que lui ont donnée les photographes, le voile dichroïque est caractérisé par une *double couleur* (en grec, δίχροια) : le cliché paraît jaune ou vert quand on le regarde par réflexion du côté du verre, et rose ou violacé par lumière transmise. Cet accident a l'inconvénient de prolonger le tirage des épreuves et de tromper le retoucheur sur la valeur des opacités. C'est pourquoi il est utile d'en connaître les causes, afin de les éviter dans la mesure du possible, et de savoir y remédier, le cas échéant.

Le voile dichroïque se forme tantôt pendant le développement, tantôt pendant le fixage. Dans le premier cas, il est toujours superficiel ; le voile profond ne prend naissance que dans le fixateur.

Le plus souvent, il est dû soit à l'introduction dans le révélateur de substances capables de dissoudre le bromure d'argent, comme l'hyposulfite de soude, le sulfocyanure de potassium et l'ammoniaque, soit à la présence dans le bain de fixage d'une petite quantité de révélateur. Il risque donc de se produire si l'on manipule le cliché pendant le développement avec les doigts imprégnés d'hyposulfite, ou si on plonge dans le fixateur un cliché mal lavé après le développement. Et, comme le lavage qui précède le fixage est généralement très superficiel, chaque plaque immergée dans la solution d'hyposulfite y apporte un peu de révélateur ; le bain de fixage se charge ainsi de quantités croissantes des substances susceptibles de provoquer le voile, d'autant plus qu'à mesure que ses propriétés dissolvantes s'épuisent, les plaques doivent y séjourner plus longtemps.

Une température élevée, un développement prolongé favorisent aussi la formation du voile dichroïque, et les émulsions en couches épaisses y sont plus sujettes que les couches minces.

La sous-exposition n'est pas, par elle-même, une cause directe de voile dichroïque ; mais, si l'une des causes qui viennent d'être mentionnées en provoque l'apparition, c'est dans les parties les moins impressionnées qu'il se manifeste avec le plus d'intensité.

Dans le révélateur au diamidophénol, la quantité de sulfite de soude ou de diamidophénol ne semble pas avoir d'influence directe sur la production du voile ; mais, si d'autres causes l'amènent, l'excès de sulfite en accroît la coloration. L'ammoniaque et l'hyposulfite ajoutés même en très faible quantité à ce révélateur provoquent sûrement la formation du voile dichroïque. Par contre, il est curieux de constater que des quantités un peu importantes ne le provoquent pas.

Ce que je viens de dire pour le diamidophénol s'applique également aux révélateurs alcalins, et, de plus, pour ces derniers un excès d'alcali caustique ou de carbonate alcalin favorise l'apparition du voile dichroïque, mais ne le produit pas directement.

L'action dissolvante du bromure d'argent par le sulfite de soude peut aussi intervenir, lorsqu'on emploie un révélateur dilué. Une forte dose de bromure de potassium produit le même effet, parce qu'elle retarde le développement. Dans un cas comme dans l'autre, la plaque séjourne dans le révélateur plus longtemps que d'habitude ; le sulfite de soude peut, dès lors, dissoudre des quantités plus grandes de bromure d'argent, et l'on sait, par les expériences de MM. Lumière et Seyewetz, que le voile dichroïque prend naissance quand le révélateur contient, ne serait-ce qu'en très minimes quantités, un sel d'argent dissous.

Il est à remarquer que le voile dichroïque qui se produit dans le fixateur, quand celui-ci se trouve accidentellement additionné d'une petite quantité de révélateur, est toujours d'autant plus faible que la solution d'hyposulfite est plus concentrée : ainsi, dans un bain de fixage à 40 %, le voile n'atteint jamais une grande intensité. L'acidité du bain de fixage, obtenue par addition de bisulfite de soude, s'oppose à l'apparition du voile dichroïque ; mais elle ne le fait pas disparaître, lorsqu'il s'est déjà formé dans le révélateur.

Des indications qui précèdent se déduisent les précautions à prendre pour empêcher la production du voile dichroïque.

Il faut, autant que possible, employer des révélateurs assez énergiques pour que le développement ne se prolonge pas outre mesure. Bien entendu, ce précepte ne saurait être suivi quand le défaut de pose ou l'effet à réaliser exigent, au contraire, le développement lent : dans ce cas, il vaut mieux courir le risque du voile

1. Au cours de ces dernières semaines, des messages téléphoniques sans fil ont été échangés plusieurs fois entre Arlington et la Tour Eiffel.

dichroïque, qu'il est d'ailleurs facile de faire disparaître par l'un des moyens indiqués plus loin.

Il faut aussi rafraîchir le révélateur, pendant l'été, et surtout ne pas y plonger les doigts imprégnés d'hyposulfite. L'opérateur qui n'est pas assisté d'un aide pour le fixage devra se laver les mains chaque fois qu'il aura à toucher le bain de développement après avoir touché le bain de fixage, et réciproquement.

Le développement achevé, le cliché sera lavé avec le plus grand soin. Beaucoup de photographes abrègent à l'excès ce lavage; il en même qui s'en dispensent, le jugeant superflu. Il est clair, cependant, que chaque plaque qui passe dans le fixateur y apporte une certaine quantité de révélateur, contenue dans l'épaisseur de la gélatine, et cette quantité ne tarde pas à être suffisante pour provoquer le voile. Seul un lavage soigné permet donc d'utiliser plusieurs fois, sans risque d'accident, la même solution d'hyposulfite.

Le fixateur sera préparé en solution assez concentrée et acide, comme il est dit plus haut, et il sera bon de ne pas le faire servir jusqu'à épuisement complet. Le prix de l'hyposulfite, quoique sensiblement majoré actuellement, est encore assez bas pour qu'il soit préférable de renouveler le bain, plutôt que de s'exposer à un accident auquel on ne remédie qu'à l'aide de réactifs plus coûteux que le fixateur, sans parler de la perte de temps qui en résulte.

Avec certaines plaques, le voile dichroïque occasionné par un bain de fixage épuisé disparaît dans une solution fraîche et assez concentrée d'hyposulfite. Ce traitement ne réussit pas aux émulsions riches en iodure d'argent, qui sont d'ailleurs particulièrement sujettes au voile dichroïque. On a proposé l'emploi de l'eau oxygénée, mais il a fallu y renoncer, parce qu'elle ronge l'image et risque même, surtout quand elle est acide, de dissoudre la gélatine qui renferme les opacités du négatif: c'est même sur cette propriété qu'est fondé le procédé auquel j'ai donné le nom de *phototégie* (de φωτός, lumière, et τέγγειν, teindre) et qui permet d'obtenir un diapositif direct de n'importe quelle nuance par dépouillement dans l'eau oxygénée acide et immersion dans une solution colorante.

Le mélange d'alun et d'acide chlorhydrique n'est pas toujours efficace, et la couche se soulève parfois. Quant à l'immersion dans une solution de perchlorure de fer, suivie d'un nouveau fixage dans l'hyposulfite, elle exige une surveillance attentive, sans quoi l'image risque d'être très affaiblie, et même de disparaître entièrement.

La méthode la plus usitée consiste à plonger le cliché dans une solution de permanganate *neutre* de potassium à 1 pour 1.000. Quand la coloration jaune ou verte a complètement disparu, on passe la plaque dans un bain de bisulfite de soude commercial liquide étendu de son volume d'eau, afin de dissoudre le bioxyde de manganèse provenant de la réduction du permanganate, et on l'y laisse 5 minutes. On termine par un lavage.

Le permanganate enlève bien le voile dichroïque, superficiel ou profond; mais on lui reproche d'affaiblir l'image, quand son action est prolongée. Cet inconvénient ne se manifeste guère que lorsque la solution est acide, et c'est pourquoi j'ai souligné plus haut le mot « neutre ». Il sera donc prudent de s'assurer, au moyen du papier de tournesol, que le bain ne présente point de réaction nuisible, et l'on en retirera la plaque dès que la coloration aura disparu.

On peut aussi substituer au permanganate la solution suivante : Eau, 100 cm³; $CuSO^4$, 3 gr.; Na Cl, 3 gr.

La plaque séjourne dans ce bain jusqu'à complète disparition du voile, soit environ 5 à 10 minutes. On rince ensuite, et, si l'image a un peu diminué d'intensité, on la passe dans un révélateur. Cette méthode est très sûre et ne présente aucun risque d'insuccès.

Le voile dichroïque a été utilisé pour obtenir des diapositifs à ton chaud. A cet effet, la plaque est exposée sous un négatif, comme d'habitude, mais en prolongeant l'impression lumineuse : plus la pose est longue, plus la teinte de l'image tendra vers le rouge. Le développement est effectué dans le bain suivant, indiqué par M. Fabre:

Eau	1.000 cc.
Sulfite de soude cristallisé	150 gr.
Carbonate de soude	100 gr.
Hydroquinone	10 gr.
Bromure d'ammonium	de 5 à 10 gr., suivant la tendance des plaques au voile ordinaire.

L'image se développe avec un beau voile dichroïque, dont on peut augmenter l'intensité, pour avoir des tons rosés, en ajoutant au révélateur une à cinq gouttes d'une solution contenant:

Ammoniaque	100 cc.
Chlorure d'argent précipité	0 gr. 5

L'image voilée est fixée, lavée et traitée par la solution de permanganate au millième, qui détruit le voile dichroïque sans altérer la belle coloration du diapositif.

Ernest Coustet.

§ 4. — Géographie et Colonisation

Les relations maritimes entre la Sibérie et l'Europe. — Nous avons déjà signalé à deux reprises[1] les essais qui ont été tentés pour créer une voie commerciale maritime entre la Sibérie et les ports européens. Cette question a acquis une importance considérable par le fait que, le chemin de fer transsibérien ayant été affecté par le Gouvernement russe exclusivement aux transports pour la guerre, la réalisation d'un autre débouché pour le commerce sibérien est devenue urgente. On estime à 150 millions de pouds la quantité de blé retenue actuellement à l'intérieur du pays, et d'énormes masses de beurre, de chanvre, de lin, de graine de lin et autres matières premières doivent être emmagasinées à grands frais.

L'expérience tentée cette année par la « Siberian Steamship Company » a de nouveau brillamment réussi. Deux de ses navires, l'*Haugastoel* et l'*Eden*, ont rapporté récemment en Angleterre, des bords de l'Obi et de l'Yenisei, des cargaisons de produits d'une valeur de 9 millions de francs. Par suite de l'expérience acquise dans la navigation de la mer de Kara, la durée du trajet de Tromsœ, dernier port de relâche européen, jusqu'à l'embouchure de l'Obi, a été réduite à 19 jours. On sait d'ailleurs que le Gouvernement russe a facilité la traversée de cette région par l'établissement de trois stations de télégraphie sans fil, dont deux commandent les détroits qui donnent entrée dans la mer de Kara et avertissent les navires qui s'approchent de l'état des glaces et du meilleur chemin à prendre.

Un des résultats les plus importants du voyage de cette année a été de démontrer que la navigabilité de l'Obi est meilleure qu'on ne le croyait. Jusqu'à présent, par suite du peu de profondeur des eaux à l'embouchure, on n'avait pas essayé de remonter par mer avec de gros bateaux à la rencontre de la flottille fluviale. L'expérience de cet été a montré qu'un navire de 3.100 tonnes peut parfaitement naviguer dans l'embouchure du fleuve et y prendre un chargement complet. Comme la flottille de l'Obi se compose de 350 navires de rivière et de 650 barges, avec des capacités allant jusqu'à 3.000 tonnes, cette flotte est capable de transporter vers l'embouchure 500.000 tonnes de marchandises par an. Sur l'Yenisei, la flotte de rivière, qui ne comprend qu'une quarantaine de bateaux, ne peut charger que 2 ou 3 navires de haute mer; mais son développement, arrêté par la guerre, recevra sans doute une vive impulsion dans quelques années.

Étant données ces conditions et ces tentatives très encourageantes, la « Siberian Steamship Company » se propose d'envoyer l'été prochain une trentaine de navires à l'embouchure des fleuves sibériens.

1. *Revue gén. des Sc.* du 15 août 1914, t. XXV, p. 704, et du 28 février 1915, t. XXVI, p. 106.

ESSAIS SUR L'AUTOMATIQUE

SA DÉFINITION. — ÉTENDUE THÉORIQUE DE SES APPLICATIONS

La dénomination d'automate est appliquée souvent à une machine qui imite l'apparence et les mouvements d'un homme ou d'un animal. Il s'agit généralement alors d'un mécanisme qui porte en lui-même la source d'énergie qui le fait marcher (un ressort, par exemple) et qui exécute certains actes, toujours les mêmes, sans subir aucune influence du dehors.

Il y a une autre sorte d'automates qui offrent un intérêt beaucoup plus considérable : ceux qui imitent, non pas les simples gestes, mais les actes réfléchis de l'homme, et qui peuvent parfois le remplacer.

La torpille automobile, qui *sait* manœuvrer pour arriver à son but; la balance qui pèse les pièces de monnaie pour *choisir* celles qui ont le poids légal, et mille autres appareils très connus peuvent servir comme exemples d'automates de cette dernière espèce.

On en trouve d'autres beaucoup plus intéressants dans les usines. Le progrès industriel se réalise principalement en substituant au travail de l'homme le travail de la machine; petit à petit, on arrive à exécuter mécaniquement la plupart des opérations qui étaient primitivement exécutées par des ouvriers, et l'on dit qu'une fabrication a été automatisée quand elle peut être réalisée complètement par les machines.

Il conviendra, avant d'aller plus loin, pour bien préciser l'objet de cet article, de diviser les automates en deux groupes, suivant que le rôle des circonstances qui doivent régler leur action s'exerce d'une manière continue, ou qu'au contraire il intervient brusquement, par intermittences.

Nous pourrons prendre comme exemple du premier groupe la torpille automobile. Le gouvernail horizontal, destiné à la maintenir à une profondeur à peu près invariable, est manœuvré par l'action d'un réservoir d'air comprimé, qui fait équilibre à la pression de l'eau, et par un pendule. Les variations d'altitude produisent le déplacement d'une paroi qui sépare le réservoir à air de l'eau environnante ; les variations d'inclinaison produisent le déplacement, par rapport à la torpille, du pendule qui reste vertical; le gouvernail horizontal est relié au pendule et à la paroi du réservoir par des mécanismes qui l'obligent à prendre à chaque moment la position qu'il convient pour ramener la torpille à la profondeur voulue.

Il s'agit donc d'établir entre trois mobiles : le pendule, la paroi et le gouvernail, des liaisons mécaniques invariables. C'est là un problème du même genre que tous ceux qu'on étudie dans la Cinématique appliquée à la construction des machines. Son étude n'offre pas ici un intérêt spécial.

Dans les automates du second groupe, l'automatisme ne s'obtient nullement par des liaisons mécaniques permanentes ; il a pour but, au contraire, d'altérer brusquement ces liaisons quand les circonstances l'exigent ; il faudra que l'automate — par une manœuvre très rapide en général — embraye ou débraye une poulie, ouvre ou ferme une soupape, etc. Il faut, en somme, que l'automate intervienne à un moment donné, pour altérer brusquement la marche des machines, qui seront, pour ainsi dire, dirigées par lui.

On peut trouver dans les descriptions de machines de très nombreux exemples de ces interventions brusques, mais il est évident que l'étude de cette forme de l'automatisation n'appartient pas à la Cinématique. Aussi n'a-t-elle jamais été systématiquement étudiée, à ma connaissance.

On devrait, je pense, faire cette étude dans un chapitre spécial de la théorie des machines qui porterait le nom d'*Automatique*.

Il devrait étudier les moyens de construire des automates doués d'une *vie de relation* plus ou moins compliquée.

Ces automates auront des *sens* : des thermomètres, des boussoles, des dynamomètres, des manomètres..., des appareils sensibles aux circonstances qui doivent avoir une influence sur leur marche.

L'impression reçue par chacun de ces appareils se traduit en général par un mouvement, par exemple le déplacement d'une aiguille sur un limbe gradué.

Ces automates auront des *membres:* les machines ou les appareils capables d'exécuter les opérations dont ils seront chargés. La commande peut être faite par quelque moyen très simple, même s'il s'agit d'opérations compliquées; cela se voit dans certaines horloges qui, par un déclanchement analogue à celui d'un réveil-matin, mettent en marche des marionnettes qui exécutent divers mouvements.

Ces automates auront l'*énergie* nécessaire : les accumulateurs, les courants d'eau, les réservoirs à air comprimé qui fourniront aux moteurs

l'aliment nécessaire pour marcher et faire marcher les machines destinées à exécuter les opérations voulues.

Il faut en outre — et c'est là principalement le but de l'Automatique — que les automates soient capables de *discernement;* qu'ils puissent à chaque moment, *en tenant compte des impressions qu'ils reçoivent, ou même de celles qu'ils ont reçues auparavant,* commander l'opération voulue. *Il faut que les automates imitent les êtres vivants en réglant leurs actes d'après leurs impressions, en adaptant leur conduite aux circonstances.*

La construction des appareils qui jouent le rôle des sens n'offre *en théorie* aucune difficulté. On invente chaque jour de nouveaux appareils destinés à mesurer et enregistrer les variations des éléments qui interviennent dans les phénomènes du monde physique; celles qui ne peuvent pas être mesurées aujourd'hui seront mesurées demain, ou du moins — et je crois exprimer ici une opinion généralement admise — il n'y a aucune raison pour affirmer qu'il n'en sera pas ainsi.

On peut faire la même remarque relativement aux machines qui doivent exécuter le travail dont sera chargé l'automate. Personne certainement ne signalera des limites aux progrès de la Mécanique; personne ne se refusera à admettre qu'on puisse inventer une machine qui réalise une opération déterminée.

Il n'en est pas de même quand on se demande s'il sera possible de construire un automate qui, pour déterminer sa manière d'agir, *pèse* les circonstances qui l'environnent. On estime, je crois, que la chose peut se faire seulement dans quelques cas très simples; on pense qu'il est possible d'automatiser les opérations mécaniques, purement manuelles, d'un ouvrier, tandis qu'au contraire les opérations qui exigent l'intervention des facultés mentales ne pourront jamais être exécutées mécaniquement.

Cette distinction n'a aucune valeur, car, sauf dans les cas des mouvements réflexes, dont nous n'avons pas à nous occuper ici, dans toutes les actions humaines interviennent les facultés mentales.

Je tâcherai dans cet article de faire voir — en me plaçant à un point de vue purement théorique — qu'*il est toujours possible de construire un automate dont tous les actes dépendent de certaines circonstances plus ou moins nombreuses, suivant des règles qu'on peut imposer arbitrairement au moment de la construction.*

Ces règles devront être évidemment telles, qu'elles suffisent pour déterminer en toute occasion, sans aucune incertitude, la conduite de l'automate.

Ce problème pourrait être résolu par mille chemins différents, mais — pour me faire plus facilement comprendre — au lieu de m'en tenir à de pures abstractions, j'indiquerai une méthode électro-mécanique qui peut donner, ce me semble, la solution générale du problème.

Les schémas qui figurent dans cet article n'ont nullement la prétention de représenter des solutions pratiques; nous n'avons nullement à nous préoccuper des difficultés ou plutôt des impossibilités qu'offrirait leur réalisation; ils ont été tracés pour rendre plus claires les explications théoriques, et c'est à ce point de vue seulement qu'ils pourront être utiles.

I

Le principe de la méthode électro-mécanique que je vais exposer est extrêmement simple.

Nous avons admis tantôt que la variation de chacune des circonstances qui interviennent dans la direction de l'automate sera représentée par un certain déplacement; nous pourrons supposer que la pièce qui se déplace est un commutateur: *au lieu d'un index qui parcourt une échelle graduée, nous aurons un balai qui parcourt une ligne de plots et entre en contact avec chacun d'eux successivement.*

S'il y a n commutateurs, et si nous désignons par P_1, P_2, P_3,... P_n le nombre de plots conjugués avec chacun d'eux, le nombre des positions du système à considérer sera le produit $P_1 \times P_2 \times P_3 \times \ldots \times P_n$.

A chacune de ces positions correspondra, d'après ce que nous venons de voir, une certaine opération qui doit être déclanchée par quelque moyen très simple. Puisqu'il s'agit d'une machine électro-mécanique, le plus simple sera de faire que le déclanchement se produise par l'action d'un aimant qui attire son armature. Il faudra qu'il y ait un électro-aimant pour chaque position du système, et, *pour réaliser l'automatisation, il suffira d'établir les connexions électriques de telle manière que chaque électro-aimant entre en activité au moment où se produit la position correspondante des commutateurs.*

Dans le cas le plus simple — quand la marche de l'automate dépend d'un seul élément — la solution est celle qui a été indiquée schématiquement par la figure 1 de la planche (p. 608).

Les variations de cet élément sont représentées par les mouvements du commutateur M qui tourne et entre successivement en contact avec chacun des plots A, B, C, D. Actuellement le courant passe par l'électro-aimant E; c'est donc l'opération déclanchée par lui qui sera réalisée, si le manipulateur K rétablit la communication

en ce moment. Du reste, ce manipulateur peut être manœuvré automatiquement quand une certaine circonstance se produit; par exemple, à une heure déterminée.

On pourra parfois trouver des difficultés à la réalisation d'un tel appareil, mais sa possibilité théorique (dont nous nous occupons exclusivement) ne fait pas l'ombre d'un doute.

Elle est également évidente dans le cas le plus général, quand il faut considérer plusieurs commutateurs au lieu d'un seul.

Dans le schéma de la figure 2, il y a trois commutateurs : M, N, P.

Le second entraîne dans son mouvement un autre commutateur N'.

Le troisième entraîne les cinq commutateurs P^{I}, P^{II}, P^{III}, P^{IV}, P^{V}.

M peut prendre les deux positions A, B.

N peut prendre les trois positions E, F, G.

P peut prendre les quatre positions R, S, T, U.

Le système admet en tout vingt-quatre positions différentes, et à chaque position correspond un électro-aimant, qui entre en activité dès que le courant est établi.

On peut augmenter à volonté le nombre des commutateurs et le nombre des plots conjugués avec chacun d'eux. Autrement dit, on peut augmenter indéfiniment le nombre de cas particuliers que l'automate aura à considérer pour régler ses actions; *on peut compliquer à plaisir sa vie de relation.*

Et cela sans la moindre difficulté théorique. Il n'y a aucune différence essentielle entre la machine la plus simple et l'automate le plus compliqué; l'un comme l'autre se réduisent à un système matériel soumis aux lois physiques qui dérivent de sa composition; mais, quand ces lois sont compliquées, quand il faut faire un raisonnement important pour déduire de ces lois les manœuvres correspondantes, la machine qui les exécuterait aurait l'air de faire elle-même le raisonnement et c'est là ce qui égare généralement le jugement des personnes qui s'occupent de cette question.

Je rappellerai comme exemple les idées de Descartes sur ce point (*Discours sur la Méthode*, 5e partie).

Il admet sans difficulté qu'on puisse considérer le corps d'un animal « comme une machine qui, ayant été faite des mains de Dieu, est incomparablement mieux ordonnée et a en soi des mouvements plus admirables qu'aucune de celles qui peuvent être inventées par les hommes ».

Il ajoute que, « s'il y avait de telles machines qui eussent les organes et la figure extérieure d'un singe ou de quelque autre animal sans raison, nous n'aurions aucun moyen pour reconnaître qu'elles ne seraient pas en tout de même nature que ces animaux ».

Mais Descartes refuse, même à la toute-puissance divine, la faculté de construire des automates capables d'imiter les actions humaines qui sont guidées par la raison. Il juge métaphysiquement impossible, par exemple, qu'un automate puisse user de paroles ni d'autres signes « pour répondre au sens de tout ce qui se dira en sa présence, ainsi que les hommes les plus hébétés peuvent faire ».

Il admet volontiers que l'automate puisse parler, mais il ne conçoit pas qu'il puisse parler *raisonnablement.*

Imaginons une machine analogue à celle qui est représentée par le schéma de la figure 2, mais dans laquelle, au lieu de trois commutateurs, il y en ait des milliers ou des millions, s'il en faut, et que, au lieu de trois ou quatre positions différentes, chacun des commutateurs ait une position correspondant à chacun des signes d'écritures (lettres, chiffres, signes d'orthographe, etc.).

On comprend parfaitement qu'on peut, en se servant de ces commutateurs, écrire une phrase quelconque, ou même un discours plus ou moins long; cela dépend du nombre des commutateurs dont on disposera.

A chaque discours correspondra donc une position du système, et par conséquent un électro-aimant. Nous pouvons supposer que celui-ci déclanche un phonographe sur lequel est inscrite la réponse à la question qui a provoqué son déclanchement, et nous obtenons ainsi un automate capable de discuter *de omni re scibili.*

Certes, l'étude préalable de toutes les questions possibles, la rédaction de la réponse à chacune d'elles, et finalement, la construction d'une telle machine, ne seraient pas des choses commodes, mais elles ne seraient pas beaucoup plus difficiles que la construction d'un singe ou d'un autre animal assez bien imité pour qu'il pût être classé par les naturalistes parmi les espèces vivantes.

Il n'y a pas entre les deux cas la différence que voyait Descartes. Il a été égaré par cette idée que l'automate, pour répondre raisonnablement, serait obligé de faire lui-même le raisonnement, tandis que dans ce cas, comme dans tous les autres, *c'est son constructeur qui raisonnerait pour lui.*

II

Je crois avoir montré par tout ce qui précède qu'on peut aisément concevoir pour un

automate la possibilité théorique de déterminer son action à un moment donné en pesant toutes les circonstances qu'il doit prendre en considération pour réaliser le travail dont il est chargé.

On peut de même concevoir un automate *qui agisse avec une finalité:* un automate qui réalise une série d'actions *en vue* d'obtenir un résultat déterminé.

La question est trop compliquée pour qu'il me soit possible de la traiter d'une manière abstraite ; je risquerais fort de ne pas m'exprimer clairement.

L'exemple à choisir pour illustrer mes explications est tout indiqué : les machines analytiques [1].

Les autres qu'on pourrait prendre présenteraient des difficultés d'exposition considérables, dues principalement à la nécessité de représenter (ne fût-ce que schématiquement) les *sens* et les membres de l'automate : les appareils destinés à le mettre en rapport avec le milieu ambiant, et les *opérateurs* qui devront exécuter des opérations plus ou moins compliquées.

Ces inconvénients n'existent pas dans les machines à calculer. Chacune des valeurs qui doivent intervenir dans les calculs, soit les données, soit les résultats provisoires de ses opérations successives, sera réprésentée dans nos schémas par le déplacement d'un mobile, comme dans les figures 1 et 2.

Calculer une valeur sera donc, pour l'automate, déplacer le mobile correspondant, pour l'amener à la position voulue, et cette opération — répétée autant de fois qu'il sera nécessaire — est la seule que l'automate ait à exécuter.

En outre, ces machines nous offriront, je pense, le cas le plus général qu'on puisse examiner, et toutes les conclusions qu'on tirera de son étude théorique seront facilement généralisées par le lecteur.

Une machine analytique, telle que je l'entends ici, doit exécuter n'importe quels calculs, pour si compliqués qu'ils soient, sans le secours de personne. On lui *donnera* une formule et un ou plusieurs systèmes de valeurs particulières des variables indépendantes, et elle devra calculer et inscrire toutes les valeurs des fonctions explicites ou implicites correspondantes définies par la formule. Elle devra suivre une marche analogue à celle d'un calculateur : exécuter nécessairement une à une les opérations indiquées, en prenant les résultats des unes comme facteurs ou arguments des suivantes, jusqu'à l'obtention des résultats définitifs.

1. J'emprunte ce nom à Babbage. Peut-être vaudrait-il mieux les appeler machines arithmétiques.

Avant d'entrer dans la description de l'ensemble, je décrirai les appareils destinés à exécuter chacune des opérations élémentaires que l'automate devra exécuter pour mener à bien ses calculs :

a) Enregistrer une valeur particulière en déplaçant le mobile correspondant.

La règle A (fig. 3) peut glisser entre la butée B et le ressort B′ qui exerce une pression modérée et elle est guidée en outre par l'un des rouleaux Q, Q′ qui tournent dans le sens des flèches. Elle porte deux plots P, P′, conjugués avec sept balais r'_1, r'_2... r'_7, et un balai R, conjugué avec sept plots r_1, r_2..., r_7.

Les deux rouleaux tournent constamment dans le sens indiqué par leurs flèches, mais leur séparation est un peu plus grande que la largeur de la règle A, de sorte que celle-ci n'est pas entraînée ; elle est retenue par le frottement entre B et B′.

Supposons qu'on rende positif [1] le balai r'_4.

Si ce balai est en contact avec le plot P, il s'établira un circuit [2] qui passe par l'électro-aimant E, lequel attirera la règle A qui viendra s'appuyer sur le rouleau Q ; le frottement qui se produit alors au point de tangence est suffisant pour entraîner la règle jusqu'au moment où le balai r'_4 vient en contact avec l'espace qui sépare les deux plots et coupe le courant, en laissant ainsi inactif l'électro-aimant E.

Si le balai r'_4 se trouve en contact avec le plot P′, les choses se passeront d'une manière analogue ; c'est l'électro-aimant E′ qui deviendra actif et la règle A, entraînée par le rouleau Q′, marchera vers le haut, jusqu'à ce que le balai r'_4 vienne se placer entre les deux plots P, P′.

S'il se trouve dans cette position, au moment où il est rendu positif, la règle A ne bougera pas.

Dans tous les cas, par le fait d'avoir rendu positif le balai r'_4, nous avons amené la règle à cette position, et, par conséquent, nous avons établi le contact entre le balai R et le conducteur r_4. Nous dirons alors que *nous avons enregistré dans cet appareil la valeur* R_4.

1. Nous dirons qu'un conducteur est positif quand il est en communication avec le pôle positif d'une source d'électricité.

2. Nous supposerons dans ces dessins : 1° que les lignes rouges — telles que α — indiquent que les deux pièces auxquelles elles aboutissent sont constamment en communication électrique, mais elles ne représentent pas un conducteur de forme invariable. Ainsi la ligne α veut dire que le fil de l'électro-aimant E se trouve en contact ininterrompu avec le plot P, par un balai, par un fil flexible, ou par tout autre moyen qui ne gêne en rien les mouvements de la règle A ; 2° qu'un cercle avec un diamètre horizontal, tel que ω, représente un pôle négatif, tandis qu'un cercle analogue avec deux diamètres perpendiculaires représente un pôle positif (voir fig. 6).

b) Exécuter une des quatre opérations de l'arithmétique : addition, soustraction, multiplication ou division.

Au point de vue de la construction, il n'y a aucune différence essentielle entre ces quatre opérations ; j'ai représenté, pour fixer les idées, dans le schéma 4 l'appareil qui exécute la multiplication.

Les facteurs sont représentés par les règles x', x'', et le produit par le faisceau *m*.

Chacune des règles peut être manœuvrée, en rendant positif l'un ou l'autre des balais qui sont conjugués avec elle, par un dispositif analogue à celui que nous venons de décrire ; mais, pour simplifier le dessin, on y a supprimé les butées, les électro-aimants et les rouleaux.

La règle x' entraîne dans son mouvement un tableau T avec plusieurs plots, et la règle x'' porte un balai toujours actif, dont l'extrémité entre en contact avec l'un ou l'autre de ces plots, suivant la position de x' et de x''.

En rendant actifs — soit en même temps, soit successivement — un balai du groupe m' et un autre du groupe m'', on déplacera, comme il a été expliqué, les règles x' et x'', de manière à représenter telles valeurs particulières des facteurs qu'on voudra. On voit représentées sur le dessin les valeurs 4 pour la règle x' et 3 pour la règle x''.

Par ces manœuvres on amènera l'extrémité du balai H en contact avec un plot déterminé et par conséquent avec l'un des conducteurs du groupe *m*.

Or, l'appareil est construit de sorte que la valeur représentée par ce conducteur est le produit des deux quantités enregistrées dans les règles x', x''.

Il suffit donc d'inscrire les facteurs pour mettre en contact le conducteur M avec le conducteur du faisceau *m* qui correspond au produit.

La construction se comprend sans peine. Le tableau T est en somme l'abaque de la multiplication dans lequel les courbes sont matérialisées par les conducteurs qui réunissent entre eux les plots correspondant à tous les produits égaux entre eux.

Nous avons maintenant écrite, pour ainsi dire, sur l'appareil l'opération $4 \times 3 = 12$.

Il suffit de varier le tableau T et ses connexions avec les balais *m* pour que l'appareil exécute une autre quelconque des opérations arithmétiques. Il faut pourtant remarquer que, dans la multiplication et dans l'addition, on peut représenter indifféremment l'une ou l'autre des quantités données au moyen de l'une ou l'autre des règles x', x'', tandis que dans les deux autres opérations il n'en va pas de même, parce qu'il ne s'agit plus de calculer des fonctions symétriques.

Dans la division, on obtient deux résultats : le quotient et le reste ; si on veut les obtenir tous les deux dans un même appareil, on pourra faire que la règle x' porte deux tableaux et la règle x'' deux balais ; mais c'est là un détail qui n'a aucune importance en ce moment.

Dans tous ces arithmomètres, de même que dans celui de la multiplication qui a été décrit ci-dessus, *il suffit d'inscrire les deux arguments de l'opération pour amener le contact entre M et le conducteur du faisceau* m *qui correspond au résultat de l'opération.*

c) Comparer deux quantités (fig. 5).

Les deux règles x' et x'' sont manœuvrées comme il a été dit par les balais conjugués avec elles.

L'une d'elles, x', porte un balai H et l'autre, x'', trois plots. Quand les valeurs représentées par les deux règles sont égales, comme dans le cas actuel, l'extrémité du balai est en contact avec le plot P ; quand cette égalité n'existe pas, le balai H vient en contact avec le plot P′ si c'est la quantité de gauche qui est la plus grande, et avec le plot P″ dans le cas contraire.

d) Impression des valeurs données ou calculées.

Elle peut être exécutée par une machine à écrire ; chaque touche correspondrait à une valeur différente et, au lieu de la pousser avec le doigt, on la pousserait avec un électro-aimant. Il y aurait donc autant d'électro-aimants que de touches.

Tous ces appareils pourront être utilisés par un calculateur, et le schéma 6 montre une disposition qui faciliterait leur emploi dans ce but.

Les appareils décrits ci-dessus y sont représentés par des symboles très simples[1].

Pour comprendre le fonctionnement, nous examinerons d'abord ce qui va se passer en supposant que le manipulateur *c* vient d'arriver à sa position indiquée en pointillé.

Il a rendu positif le conducteur R et aussi — d'après ce que nous venons de voir (fig. 3) — un des conducteurs du faisceau H, celui qui correspondra à la valeur enregistrée en ce moment dans l'appareil R.

1. On y voit un arithmomètre pour l'addition (+), un autre pour la multiplication (×), un enregistreur R et la machine à écrire ME. Nous pouvons supposer que ces appareils, analogues à ceux qui ont été décrits plus haut, sont enfermés dans des boîtes (représentées par les rectangles du dessin) qui ne laissent voir pour chacun d'eux que les faisceaux des facteurs (a', a'' ; m', m'' ; r'), celui du résultat (a, m, r) et le conducteur (A, M, R) destiné à rendre actif au moment voulu le résultat enregistré dans l'appareil.

Nous supposerons que le conducteur actif est celui qui a été représenté en pointillé. Une branche de ce conducteur pénètre dans l'appareil destiné à la multiplication, mais il ne peut aboutir — comme on le voit dans la figure 4 — qu'à un plot isolé, ou au balai H, et par là au conducteur actuellement isolé M (fig. 6). On peut en dire autant relativement à l'appareil destiné à l'addition, mais celles qui aboutissent à m'' et à e sont en contact, l'une avec un des conducteurs de l'arithmomètre, l'autre avec l'un des conducteurs de la machine à écrire. Le premier (voyez la fig. 4) fera fonctionner la règle m'', mais le conducteur positif est celui qui correspond à la valeur enregistrée dans l'appareil R ; c'est-à-dire que cette même valeur sera représentée par la règle m'' quand — l'opération finie — elle restera dans sa nouvelle position.

Le conducteur qui pénètre dans la machine à écrire fera que cette valeur soit écrite en même temps.

Le résultat de l'opération a donc été :

1° D'inscrire comme facteur, par le déplacement de la règle m'', la valeur qui était enregistrée en R ;

2° D'écrire cette même valeur par la machine.

Si maintenant on veut multiplier cette valeur par un nombre connu, il faudra :

1° Déplacer les verroux μ'' et e vers la gauche pour couper la communication des balais qui y aboutissent ;

2° Rendre actif, par le moyen du commutateur c, le conducteur m correspondant à la valeur donnée ;

3° Déplacer μ' vers la droite, pour rétablir les communications dans ce verrou.

Un raisonnement absolument pareil à celui que nous venons de faire montrera que, dans ces conditions, on obtient comme résultat de l'opération exécutée par la machine l'inscription sur la régle $\varkappa'$ (fig. 4) de la valeur i, représentée par le conducteur r rendu actif.

Supposons encore qu'après que cette opération a été réalisée, nous déplacions les verrous e et α' vers la droite, et le verrou μ' vers la gauche et que nous rendions actif le conducteur M.

En même temps que celui-ci, nous rendrons actif, d'après ce qui a été dit en décrivant l'arithmomètre (fig. 4), un des conducteurs du faisceau m, celui qui correspond au produit des quantités inscrites dans les règles $\varkappa'$ et $\varkappa''$ et, par les raisons déjà expliquées, ce produit se trouvera inscrit sur l'enregistreur R et sur la règle $\varkappa$ de l'arithmomètre destiné aux additions. On peut continuer ainsi indéfiniment pour calculer une formule plus ou moins compliquée.

L'opération exécutée par l'automate est au fond toujours la même : enregistrer dans un ou plusieurs appareils[1] une opération toujours la même. Cette quantité peut être déterminée arbitrairement ou bien on peut la prendre dans l'un des appareils élémentaires où elle a été enregistrée comme conséquence des opérations antérieures.

La commande de cette machine est aussi très simple. On comprend que le rôle du calculateur qui l'utiliserait pourrait se réduire à appuyer de temps à autre sur certaines touches, et que ce travail peut être automatisé par un procédé analogue à celui qui a été employé pour l'écriture musicale dans les pianos mécaniques.

III

Le schéma de la figure 7 représente un automate disposé pour calculer la valeur de la formule $\alpha = ax\,(y - z)^2$ sans le secours de personne.

On lui donnera la valeur du paramètre a et plusieurs systèmes de valeurs particulières des trois variables. L'automate doit exécuter tous les calculs, en écrire les résultats, et avertir que l'opération est terminée.

Son économie générale est facile à comprendre. On voit en haut tous les opérateurs nécessaires dans ce cas particulier :

Deux arithmomètres, l'un pour la soustraction et l'autre pour la multiplication, qui sont les seules opérations indiquées par la formule ;

Un comparateur qui servira à déterminer dans chaque cas laquelle des deux variables y ou z est la plus grande, pour les inscrire chacune à sa place dans l'appareil qui doit faire la soustraction ;

Une machine à écrire ;

Et deux enregistreurs dont nous verrons bientôt l'utilité.

Un peu plus bas se trouve une ligne de verrous analogues à ceux que nous avons vus dans la figure 6. Tous ceux que nous avons à considérer maintenant sont disposés de la même manière.

Dans la figure 7, on a supprimé les ressorts et les électro-aimants ; on n'y a laissé que les verrous et les conducteurs (s', s'', m'...) destinés à mettre en activité l'électro-aimant qui commande chacun de ces verrous ; leur jeu se comprend aisément ; chaque fois qu'on rend actif un de ces conducteurs (e ou r'_1, par exemple), on établit les communications du verrou correspondant (celui de la machine à écrire ou celui de l'enregistreur R).

1. La machine à écrire est un appareil où les quantités à enregistrer sont imprimées au lieu d'être représentées par le déplacement d'un mobile.

La disposition de ce verrou est indiquée dans la figure 8.

Dans la position actuelle, tous les balais sont isolés. Si l'électro-aimant entre en activité et attire le verrou, chacun des balais du groupe supérieur entrera en contact avec le balai correspondant du groupe inférieur.

La manœuvre est commandée par un tambour T (fig. 7) conjugué avec un groupe de balais s', s'', S, M, m', m'', R_1, r'_1, R_2, r_2, K, k', k'', B, e, α, φ, ν. Ce tambour est analogue à celui d'un orgue de Barbarie; il porte plusieurs plots qui viennent en contact avec les balais s', s'', ... φ, ν à mesure que le tambour tourne dans le sens de la flèche. La distribution de ces plots est déterminée dans l'automate par la formule à calculer, de même qu'elle est déterminée dans l'orgue par la pièce à jouer.

Dans le schéma de la figure 7, cette distribution a été rendue visible parce qu'on y a représenté le développement de la surface du tambour. Cette surface est divisée en 16 zones horizontales numérotées. Quand le tambour tourne dans le sens indiqué par la flèche, toutes ces zones viennent, l'une après l'autre, passer sous les balais. Il est bien entendu que la première zone se présente immédiatement en contact après la seizième, puisque les lignes ab et $a'b'$ représentent en réalité une même génératrice de cylindre. Le tambour est divisé en trois sections (t, t', t'') séparées dans la figure par des bandes noires verticales. Tous les plots de chaque section sont reliés métalliquement entre eux, et isolés des autres. En outre, il y a contact métallique permanent entre la section t et le plot τ, et de même entre t' et τ' et entre t'' et τ''.

On voit encore dans le schéma une plaque rectangulaire P, de longueur indéfinie, conjuguée avec les balais ν. C'est sur cette plaque qu'on inscrira, par les plots qui y sont distribués, les valeurs particulières des variables x, y, z. Chaque valeur particulière sera inscrite sur une bande horizontale : sur la première (cela est indiqué dans la figure) la valeur x_1, sur la deuxième y_1, sur la troisième z_1; puis, sur les quatrième, cinquième et sixième bandes, le second système de valeurs particulières données : x_2, y_2, z_2 et ainsi de suite. On suppose dans le dessin que, dans ce cas particulier, le calcul doit porter sur quatre systèmes de valeurs.

Outre le groupe de balais destinés à la représentation des variables, il y a un balai π, dont l'objet est d'indiquer la fin de l'opération.

Cette plaque tend à marcher dans le sens de la flèche, mais elle est arrêtée par le cliquet Q. Tous les plots qu'elle porte sont en communication avec le conducteur V.

Avant de commencer l'opération, il faut aussi mettre en communication le balai α avec le conducteur qui représente la valeur du paramètre a, ce qui est indiqué dans le schéma en supposant qu'on a cloué une cheville sur le plot correspondant à cette valeur.

Il nous sera maintenant facile de suivre la marche de l'automate.

Nous considérerons successivement plusieurs intervalles de temps qui correspondent chacun au passage d'une des zones horizontales du tambour T sous la ligne formée par les extrémités des balais.

J'ai indiqué dans le tableau quels sont les balais qui, pendant chaque intervalle, se trouvent en contact avec les plots des trois sections t, t', t''; le tableau n'est du reste que la traduction de ce qu'on peut lire également dans le développement du tambour.

Les explications que nous avons données en décrivant le schéma de la figure 4 suffisent pour comprendre ce qui va se passer dans chaque intervalle.

1. — Sont rendus positifs les balais ν, m', e. Le balai ν, à son tour, rend positifs tous les plots de la plaque P et, comme conséquence, le balai du groupe ν qui correspond à la valeur particulière x_1.

Les balais m' et e établissent (fig. 8) les communications des verrous correspondants, et par conséquent, la valeur x_1 est en même temps écrite par la machine et représentée comme facteur dans l'arithmomètre.

2. — Le balai φ, qui devient positif momentanément, fait agir l'électro-aimant E. Celui-ci attire son armature et permet que la plaque P s'avance d'un pas. Elle avance lentement pour ne pas faire plusieurs pas pendant que E reste actif.

3. — Le balai α rend actif le conducteur qui représente le paramètre désigné par la lettre a, et le balai m'' fait que cette valeur soit inscrite comme second facteur dans l'arithmomètre. Nous avons donc enregistré dans cet arithmomètre le produit ax_1.

4. — Le balai ν devient encore une fois positif; mais, comme la plaque P s'est avancée d'un pas, c'est maintenant le conducteur correspondant à la valeur y_1 qui va devenir positif.

Cette valeur, d'après les indications de la figure, sera enregistrée en R_1, sera imprimée par la machine à écrire et en même temps sera représentée, comme premier terme de comparaison, dans l'appareil C.

5. — La plaque P s'avance d'un pas.

6. — La valeur z_1 est enregistrée en R_2, écrite par la machine et représentée comme second terme de comparaison, dans l'appareil C.

7. — Le balai φ fait que la plaque P s'avance d'un nouveau pas.

L'action du balai K est plus intéressante à considérer.

Il rend actif :

1° le conducteur β si $y_1 = z_1$;
2° — γ si $y_1 > z_1$;
3° — δ si $y_1 < z_1$.

Premier cas : $y_1 = z_1$. Puisque $y_1 = z_1$, il n'y a pas lieu d'aller plus loin dans les calculs; on peut écrire $\alpha = 0$ et c'est là ce que fait l'automate en rendant actif le conducteur β qui va dans la machine à écrire et qui correspond précisément à la valeur zéro. En outre, il fait fonctionner l'électro-aimant E′ qui coupe le contact en h. Or nous avons déjà dit que tous les conducteurs qui partent des opérateurs de la machine à écrire et des verrous pour se rendre au pôle négatif de la pile passent par la borne ω; donc, du moment que la communication entre cette borne et la pile est coupée, aucun de ces appareils ne peut plus fonctionner. La non-communication durera autant que le contact entre le balai K et le plot, qui s'étend sans interruption jusqu'à la 15ᵉ bande inclusivement; le tambour T continuera donc à marcher, mais l'automate ne réalisera aucune opération.

Deuxième cas : $y_1 > z_1$. Le conducteur γ rend positifs les plots de la section t' et la marche des opérations continue comme il suit :

8. — Les balais actifs R_1 et s' font que la valeur enregistrée en R_1 (la valeur y_1) soit transportée dans la règle $\varkappa'$ (fig. 4) de l'appareil destiné à faire la soustraction.

9. — La valeur z_1 est inscrite dans la règle $\varkappa''$ du même appareil. La valeur enregistrée dans celui-ci, comme résultat de l'opération, sera donc $y_1 - z_1$.

Troisième cas : $y_1 < z_1$. Le conducteur δ rend actifs les plots de la section t'' et, comme on le voit dans le tableau et dans la figure, on altère par rapport au cas antérieur l'ordre dans lequel sont rendus positifs les conducteurs s' et s'', ce qui fait qu'on inscrit z_1 dans la règle $\varkappa'$ et y_1 dans la règle $\varkappa''$. La valeur enregistrée dans l'appareil sera $z_1 - y_1$. En réalité, maintenant, $y_1 - z_1$ est une quantité négative, mais l'automate n'a pas à s'occuper des signes, dans ce cas particulier, parce que c'est le carré de la différence qui intervient dans les calculs, et ce carré sera toujours positif.

A partir de ce moment, la marche des calculs est la même pour les deux derniers cas.

10. — L'automate, pour continuer le calcul, doit élever au carré la différence $y_1 - z_1$ (positive ou négative). Cela lui est très facile en utilisant l'arithmomètre de la multiplication, mais, en réalisant cette nouvelle opération, la valeur du produit ax_1 qui était enregistrée va disparaître. Or cette valeur doit figurer ultérieurement dans les calculs; il faut donc *en prendre note avant de l'effacer*, et c'est ce que fait l'automate dans l'intervalle actuel; il enregistre la valeur ax_1 dans l'appareil R_1. Il efface en même temps la valeur y_1, car il n'a plus besoin de celle-ci.

11. — La différence $y_1 - z_1$ ou $z_1 - y_1$ est inscrite en même temps dans les deux règles m' et m'' de l'appareil M.

12. — La valeur $(y_1 - z_1)^2$ est enregistrée en R_2.

13. — Le produit ax_1 est inscrit comme premier facteur dans l'appareil M.

14. — La valeur $(y_1 - z_1)^2$ est inscrite comme second facteur.

15. — La valeur α_1 est écrite par la machine et l'opération est finie pour le premier système de valeurs particulières données.

16. — Il faut que la machine à écrire laisse un blanc entre le premier système de valeurs et le second qui va être écrit immédiatement; à cet effet, il faut rendre positif le conducteur B, et cela dans les trois cas que nous avons considérés; c'est pourquoi le plot qui entre en contact avec le balai K ne se prolonge que jusqu'à la bande XVI, de sorte qu'à la fin de l'intervalle XV l'électro-aimant E′ lâche son armature, le contact se rétablit et la machine à écrire fonctionne dès que le balai B devient actif, même dans le cas $y_1 = z_1$.

Mais le tambour T ne s'arrête pas, il continue de tourner. Comme nous l'avons vu tantôt, la fin de la période XVI coïncide avec le commencement de la période I; les mêmes calculs sont donc recommencés; seulement, comme la plaque P s'est avancée de trois pas, pendant le premier tour du tambour T, les valeurs x_1, y_1 et z_1 seront remplacées respectivement par x_2, y_2 et z_2. L'automate calculera donc une seconde valeur particulière α_2, et puis toutes les autres, sans discontinuer.

On voit dans la plaque P, à la suite de tous les plots qui correspondent aux valeurs particulières des variables x, y, z, un plot qui entre en contact avec le balai π, dont le but est de signaler la fin des calculs et d'arrêter l'automate. Cette manœuvre s'explique facilement : après que la dernière valeur de α a été calculée, le tambour commence un nouveau tour, rend positif le balai ν et, par conséquent, le balai π laisse passer un courant qui traverse l'appareil L, amène le débrayage du tambour T, coupe la communication de la pile

Fig. 1.

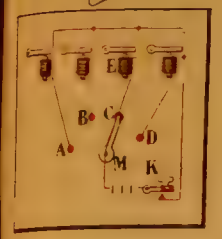


Fig. 2.

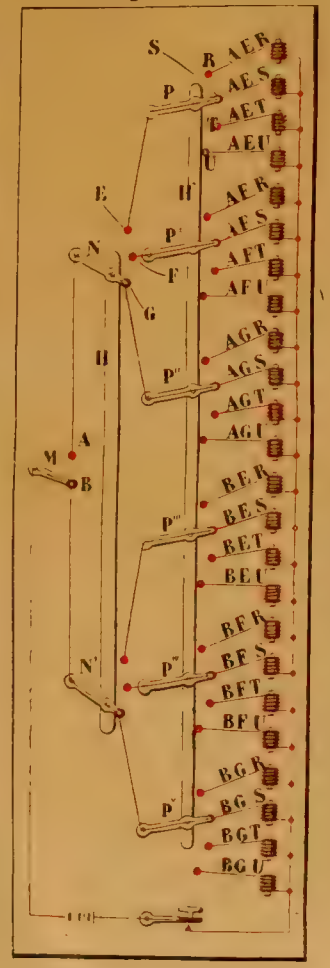


Fig. 3.

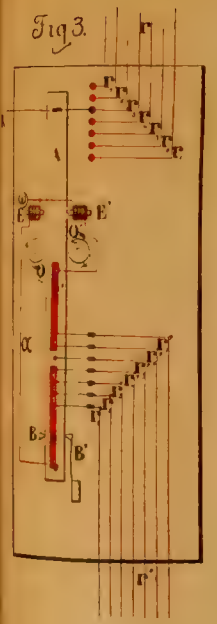


Fig. 4.

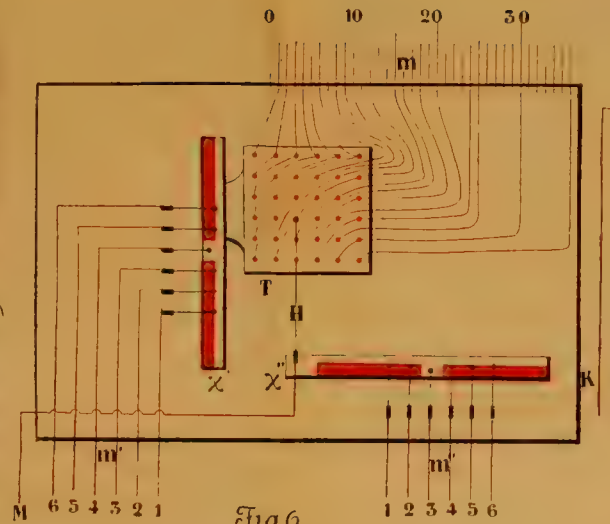


Fig. 5.

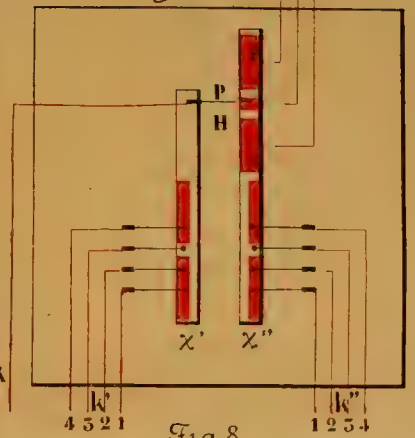


Fig. 6

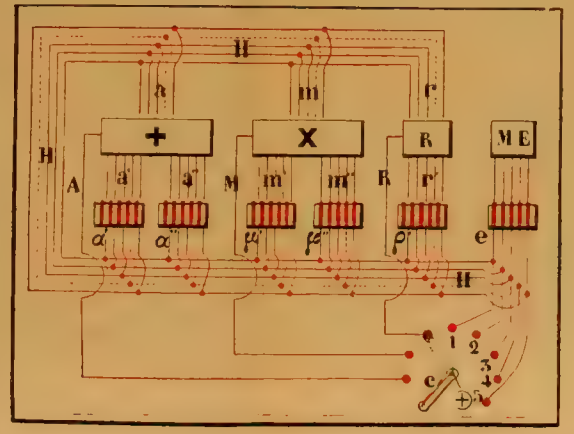
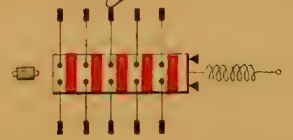
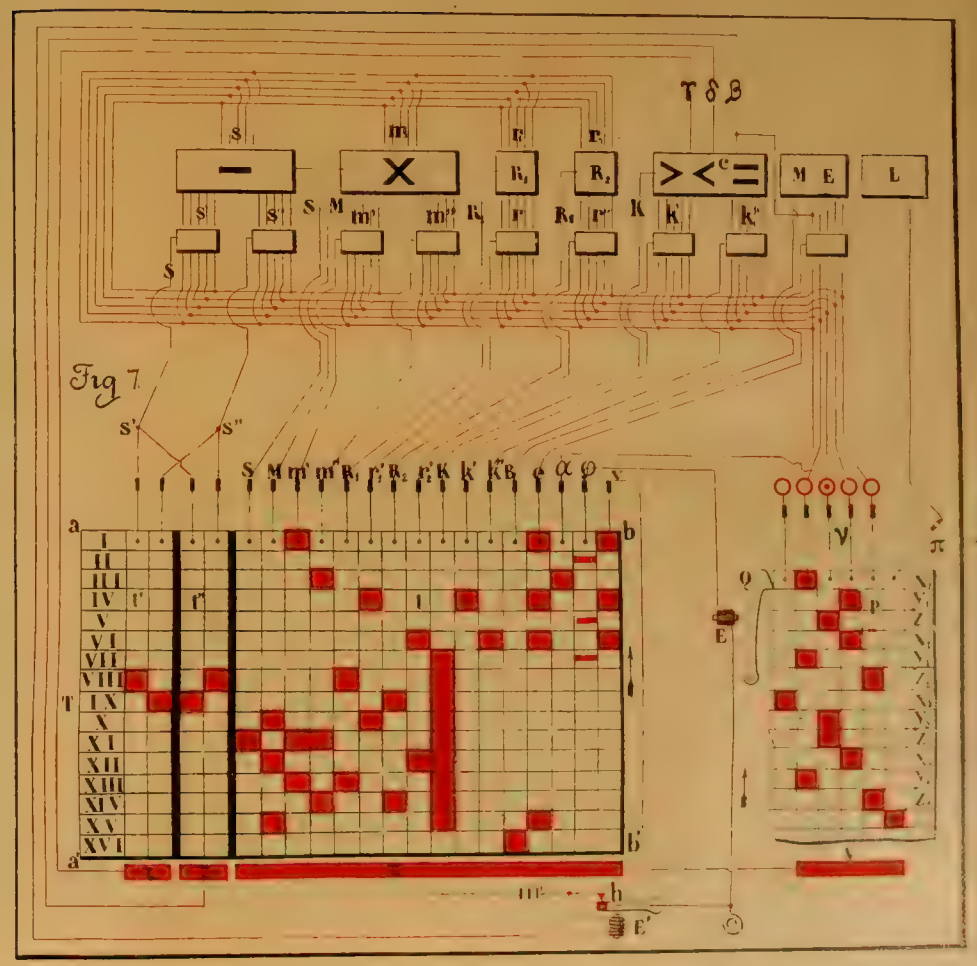


Fig. 8.



I	$v - m' - e$		
II	φ		
III	$\alpha - m''$		
IV	$v - k' - r' - e$		
V	φ		
VI	$v - k'' - r'' - e$		
VII	$\varphi - K$		
VIII	$R_1 - K$	S'	S''
IX	$R_2 - K$	S''	S'
X	$M - k - r'$		
XI	$S - K - m' - m''$		
XII	$M - K - r''$		
XIII	$R_1 - k - m'$		
XIV	$R_2 - k - m''$		
XV	$M - k - e$		
XVI	B		

Fig. 7.



avec l'automate, en somme fait le nécessaire pour arrêter l'opération et en même temps, si l'on veut, annonce le fait, en faisant sonner un timbre ou en utilisant un autre signal convenu.

IV

Cet exemple suffit à faire ressortir la généralité de la méthode. L'automate prend chaque valeur dont il a besoin, soit dans la plaque P, quand elle y figure parmi les données, soit dans l'un des opérateurs où elle est enregistrée, comme résultat d'une opération antérieure. Il exécute une à une toutes les opérations indiquées dans la formule à calculer, et il écrit tous les résultats qu'il faut conserver.

L'automate procède en tout comme un être intelligent qui suit certaines règles, mais je tiens à faire remarquer spécialement qu'il procède comme un être intelligent au moment où il faut choisir le chemin à prendre dans chaque cas particulier; avant de faire la soustraction indiquée dans la formule, il compare les deux quantités qui doivent être retranchées l'une de l'autre ; si elles sont égales, il écrit pour α la valeur zéro et attend sans rien faire que le tambour T ait fini le tour; si les deux quantités ne sont pas égales, les opérations se continuent, mais elles peuvent suivre deux chemins différents : la différence consiste seulement en ce que l'ordre d'inscription des deux variables y, z varie d'un cas à l'autre, parce qu'il faut inscrire la plus grande d'entre elles dans la règle $\varkappa'$, et la plus petite dans la règle $\varkappa''$.

Certes, le cas considéré est très simple, mais la méthode est tout à fait générale.

Dans d'autres cas, les règles imposées à l'automate pour déterminer la route à suivre seront beaucoup plus compliquées : pour prendre une décision, il devra connaître plusieurs valeurs, données ou calculées dans les opérations antérieures ; il devra savoir si un certain fait s'est produit, et, peut-être, le nombre de fois qu'il s'est produit, ou bien encore si une certaine quantité qui figure dans les calculs est réelle ou imaginaire. Mais chacune de ces circonstances, et d'autres du même genre qui peuvent avoir à intervenir dans les décisions de l'automate, seront inscrites, une à une, pendant la marche des opérations, dans un appareil analogue à celui qui a été décrit en commençant (fig. 2).

Il suffira à l'automate, pour décider le chemin qu'il doit suivre, de rendre positif le conducteur R au moment voulu. Ce chemin arrivera, peut-être, à d'autres points de bifurcation, et, dans chacun d'eux, l'automate fera son choix en appliquant le même procédé.

J'ai insisté sur ce point parce qu'il est d'une importance capitale pour définir l'étendue de l'Automatique.

On affirme généralement qu'un automate ne peut jamais procéder par tâtonnements, et je tenais à faire voir que cette affirmation n'est pas fondée, ou du moins elle ne l'est pas quand on connaît avec précision les règles qu'il faut suivre dans les tâtonnements, et c'est là le seul cas qui nous intéresse.

V

Il est évidemment impossible de réaliser le schéma de la figure 7 dans des conditions d'utilité pratique, mais cela ne vient pas des difficultés présentées par l'automatisation. Celle-ci est obtenue par la disposition du tambour T et des balais conjugués avec lui; c'est dans le tambour qu'on a écrit au moyen de plots la formule à calculer; or, le tambour et ses balais seraient facilement construits.

La difficulté vient des opérateurs et de la plaque P, et encore elle ne dépend pas de la nature des mécanismes que la construction de ces appareils exige ; elle dépend exclusivement du grand nombre de valeurs particulières que peuvent prendre les variables qui interviennent dans les calculs. Si ce nombre était très limité — quinze, vingt, ou même cent, par exemple — le schéma pourrait être construit à peu près tel qu'il a été décrit.

On peut lever la difficulté (on l'a levée dans tous les arithmomètres connus) en appliquant le principe de la numération décimale.

Un nombre de plusieurs chiffres est traité dans les opérations usuelles de l'Arithmétique, non pas comme une quantité simple, mais comme une quantité complexe : comme une somme de plusieurs quantités dont chacune est égale au produit d'un nombre d'un seul chiffre par une puissance entière de dix.

L'opération la plus simple, une addition, une multiplication, se transforme ainsi en une série d'opérations partielles, mais cette complication a été absolument nécessaire pour rendre possibles les calculs numériques, par ce fait que, dans chacune des opérations élémentaires, on ne doit prendre en considération que des nombres plus petits que dix.

Chaque arithmomètre utilisé par l'automate dans ses calculs ne sera plus un appareil élémentaire, mais une machine compliquée dans le genre de l'automate de la figure 7.

L'automate, au moment voulu, lui donnera les deux valeurs particulières qui doivent figurer comme facteurs ou arguments, et déclanchera l'opération. Une fois celle-ci finie, et le résultat

enregistré, l'automate aura connaissance de ce fait par un conducteur pareil à π (fig. 7), et continuera ses calculs.

Il n'y a pas lieu d'entrer ici dans des détails sur la manière de réaliser ces opérations, car elles sont analogues à celles dont nous avons ébauché la description, et j'espère qu'on admettra leur possibilité [1].

Par ce moyen, nous avons rendu possibles, en les multipliant, les opérations élémentaires, mais leur nombre a été considérablement augmenté.

Les très grands nombres sont aussi embarrassants dans les calculs mécaniques que dans les calculs usuels [2]. Dans ceux-ci, on les évite ordinairement en représentant chaque quantité par un petit nombre de chiffres significatifs (six à huit tout au plus, sauf les cas exceptionnels) et en indiquant par une virgule et des zéros, s'il y a lieu, l'ordre de grandeur des unités représentées par chaque chiffre.

Parfois aussi, pour ne pas avoir à écrire beaucoup de zéros, on écrit les quantités sous la forme $n \times 10^m$.

Nous pourrons simplifier beaucoup cette écriture en établissant arbitrairement ces trois règles très simples :

I. n aura toujours le même nombre de chiffres (six par exemple).

II. Le premier chiffre de n sera de l'ordre des dixièmes, le second des centièmes, etc.

III. On écrira chaque quantité sous cette forme: n, m.

Ainsi, au lieu de 2435,27 et de 0,00000341862, on écrira respectivement 243527 ; 4 et 341862 ; — 5.

Je n'ai pas indiqué de limite pour la valeur de l'exposant, mais il est évident que, dans tous les calculs usuels, il sera plus petit que cent, de sorte que, dans ce système, on écrira toutes les quantités qui interviennent dans les calculs avec huit ou dix chiffres seulement.

On peut appliquer ce système aux arithmomètres dont nous nous occupons maintenant, et réduire ainsi suffisamment le nombre des opérations élémentaires. Par contre, les règles pour chacune de celles-ci seront plus compliquées, mais il n'y a aucune difficulté à les formuler d'abord et à les traduire ensuite dans le tambour de l'arithmomètre.

Voué depuis longtemps à l'étude de ces questions, j'ai établi un schéma très complet, et même pour certaines parties un avant-projet d'arithmomètre, et je pense qu'il est possible d'arriver à des solutions pratiques, mais je ne prétends pas démontrer ici cette affirmation. Cela exigerait des développements qui ne peuvent pas prendre place dans cet article. J'ai voulu seulement signaler le chemin que j'estime le plus praticable pour arriver au but.

VI

Je dirai pourtant quelques mots sur les avantages du système électro-mécanique que j'ai tâché d'appliquer dans mes études et dans mes expériences.

On préconise généralement pour ces appareils les solutions exclusivement mécaniques, et même on recommande de s'en tenir autant que possible aux mécanismes rigides, en supprimant les ressorts. En somme, on veut avoir une confiance absolue dans la bonne marche de la machine ; on veut que, tant que la machine ne se détériore pas, les résultats de ses calculs soient absolument exacts.

Or, il est évident que ce résultat ne peut pas être obtenu par des moyens électro-mécaniques: un contact peut manquer, et le résultat de l'opération en sera alors généralement faussé.

J'ai donc, comme tout le monde, pensé d'abord aux solutions mécaniques, mais là les difficultés paraissaient absolument insurmontables.

Le grand nombre de mécanismes à considérer, les multiples connexions qu'il faut établir entre eux, la nécessité d'avoir des dispositifs qui permettent d'altérer à chaque moment ces connexions, la difficulté de combiner le tout sans que les mécanismes se gênent les uns les autres, et sans que les frottements empêchent les mouvements, beaucoup d'autres difficultés pratiques qu'on pourrait citer encore rendent le problème presque inabordable.

Il a fallu le génie mécanique de Babbage pour l'attaquer, et encore, bien que pour le résoudre il ait dépensé sans compter son intelligence, son travail, son argent et celui de son pays, il n'a pas obtenu des résultats encourageants.

Babbage avait, quand il entreprit le projet de machine analytique, une préparation théorique et pratique tout à fait exceptionnelle; mathématicien distingué, il avait en outre travaillé pendant dix années à la construction de la *machine des différences*, et d'après le rapport de M. Merrifield à l'Association Britannique, ces travaux sont une merveille de mécanique. Du reste, tous les savants qui ont eu à juger l'œuvre de Babbage

1. On pourrait aussi, d'après ce qui a été dit en commençant, construire un automate qui manipulerait un arithmomètre ordinaire. Il devrait alors déclancher à temps l'opération nécessaire : faire faire un tour à la manivelle, déplacer le totalisateur, etc.

2. Babbage prévoyait 50 roues pour représenter chaque variable, et encore elles ne seraient pas suffisantes si on n'a pas recours aux moyens que j'indiquerai plus loin, ou à un autre analogue.

ont été frappés de l'ingéniosité et de la fécondité dont il a fait preuve dans son invention.

M. Babbage eut à sa disposition un atelier installé par le Gouvernement anglais pour la construction de la machine, et un laboratoire (establishment) qu'il monta chez lui à ses frais pour les études et les essais. Il a dépensé tout près d'un million de francs: 500.000 de sa fortune personnelle et 425.000 qui lui ont été fournis par le Gouvernement.

Il a élaboré un système de notations mécaniques, système qui représente un travail énorme, pour pouvoir se débrouiller dans ses dessins. Il a étudié un grand nombre de solutions ; il a fait, en somme, de cette œuvre, l'œuvre de sa vie, et il y a travaillé sans relâche pendant trente ans.

Mais, malgré ses grands mérites, incontestables et incontestés, malgré son intelligence, son dévouement et sa constance, il a échoué. Ses dessins et ses modèles sont conservés au musée de Kensington, mais il est à craindre qu'ils ne soient jamais utiles à personne.

M. Babbage comptait écrire un livre : *Histoire de la Machine analytique*, mais la mort l'a surpris sans qu'il pût réaliser ce projet, et son fils lui-même, qui a été son collaborateur, déclare qu'il ne connaît pas ses travaux dans tous leurs détails.

Un autre triomphera peut-être un jour là où Babbage a échoué, mais la chose ne paraît pas aisée, et il serait téméraire à mon avis de suivre ses pas, tant que nous ne serons pas en possession de principes mécaniques nouveaux qui nous donnent l'espoir de vaincre les difficultés de la route.

Ce n'est pas mon cas.

Les difficultés d'une solution purement mécanique me paraissent insurmontables, du moins avec les moyens dont je pourrais disposer. Pour mieux dire, tant que, dans mes études sur les machines à calculer, je n'ai envisagé que des solutions mécaniques, je partageais l'opinion générale; je ne croyais pas possible de résoudre le problème des calculs mécaniques avec toute la généralité qu'il comporte, tel que je l'ai examiné ici.

C'est l'étude du télékine qui m'a mis sur la voie de ces nouvelles machines et des études d'automatique dont je viens de parler.

Le télékine est en somme un automate qui exécute les ordres qu'on lui envoie par la télégraphie sans fil. En outre, pour interpréter les ordres et agir à chaque instant dans la forme voulue, il lui faut prendre en considération diverses circonstances. Sa vie de relation est donc assez compliquée.

Pendant la construction des divers modèles de télékine que j'ai essayés, j'ai eu l'occasion d'apprécier pratiquement la grande facilité que donnent pour ces constructions les appareils électro-mécaniques, et j'ai pensé qu'on pourrait les appliquer avec succès aux machines à calculer.

L'insécurité qu'on leur reproche est souvent efficacement combattue. On voit fréquemment des machines électro-mécaniques qui marchent longtemps sans se dérègler. Les grands réseaux télégraphiques ou téléphoniques fonctionnent en général très régulièrement, et les interruptions et les erreurs que tout le monde peut constater peuvent être imputées presque toujours, soit aux employés, soit au vent ou à la pluie, qui produisent des avaries sur les lignes.

Il y a encore une cause qui dérange souvent ces appareils : c'est la production d'étincelles provoquées par la rupture des circuits. Ces étincelles oxydent et salissent les métaux et finissent par les empêcher d'entrer en contact. L'importance de cet inconvénient provient de ce que, dans les machines compliquées, les points de rupture des courants sont très nombreux et se trouvent parfois cachés, de sorte qu'il est très difficile de les visiter.

Mais on peut, je pense, y remédier radicalement. Tous les circuits partiront du pôle positif pour arriver au pôle négatif ; donc il sera possible, en théorie au moins, de les couper tous dans un même point; or, je crois, après avoir étudié posément la question, que cette possibilité théorique peut être pratiquement réalisée, et alors, n'ayant à s'occuper — au point de vue des étincelles — que d'un seul contact, il sera facile, en employant des précautions connues de tous les techniciens, de les tenir toujours en bon état.

Je pense donc qu'avec une construction très soignée on arrivera à obtenir une sécurité suffisante. Elle ne sera pas absolue certainement; elle ne sera même pas aussi grande que celle qu'on pourrait obtenir avec des appareils exclusivement mécaniques, mais elle sera, je pense, égale ou supérieure à celle que peut nous offrir un calculateur habile. Or, cela suffit évidemment, puisque les calculateurs obtiennent des résultats auxquels nous accordons toute notre confiance.

Ils y arrivent en répétant les calculs et plus souvent en les effectuant à deux mains, et les deux procédés pourraient être imités automatiquement; mais, malheureusement, il n'est pas encore nécessaire de nous occuper de ces questions.

Leonardo Torres y Quevedo,
Membre de l'Académie Royale des Sciences de Madrid.

LA VALEUR ALIMENTAIRE DES DIVERS TYPES DE PAIN[1]

La guerre meurtrière à laquelle participe l'Italie avec tant de courage, de sérénité et de certitude dans le triomphe assuré, devait nécessairement soulever une série de graves problèmes, principalement ceux ayant trait à l'alimentation et à la santé du peuple. Ce sont les prolétaires qui fournissent le plus grand nombre de combattants et qui, à tous points de vue, supportent les plus terribles effets de la lutte gigantesque.

Parmi ces problèmes, un des plus importants est celui du pain, parce que le pain est l'aliment essentiel de nos classes de travailleurs et que sa rareté signifie pour le peuple misère et famine.

Pour une nation comme l'Italie, forte consommatrice de céréales sous forme de pain et de pâte, et qui ne produit pas tout le blé dont elle a besoin, il est évident que les difficultés d'approvisionnement par les pays habituellement exportateurs de grains, telles qu'elles se sont produites dès le début de la guerre européenne, ont dû provoquer une perturbation profonde dans les cours du pain.

Parmi les mesures prises pour rendre moins aiguë la crise du pain, celle d'imposer un type unique avec une farine blutée à 80°/₀ est particulièrement intéressante. On arrive ainsi à diminuer notablement la quantité des produits de mouture enlevés normalement à l'alimentation humaine.

Mais, bien avant que le Gouvernement italien prît cette décision, le Musée Social de l'*Umanitaria*, la grande association milanaise qui s'est toujours occupée de l'alimentation populaire, avait décidé de faire étudier directement, sur des ouvriers qui font une forte consommation de pain, la valeur alimentaire du pain confectionné avec les différentes variétés de farine, pour décider quelle valeur alimentaire et économique on peut assigner au son.

La question n'est pas nouvelle. Déjà Liebig, avec la grande autorité de son nom, s'était fait le chaud défenseur du *pain intégral;* son argumentation ne reposait d'ailleurs sur aucune donnée physiologique, mais uniquement sur l'analyse chimique, qui indiquait pour le son un pourcentage élevé de protéines et de substances extractives non azotées. Mais le nœud de la question, comme l'observe judicieusement Rubner, est d'ordre physiologique et non chimique, et il reste à établir si le son, malgré sa richesse en substances albuminoïdes et hydrocarbonées, ne représente pas autre chose qu'un lest pour notre estomac.

Si, dans ces dernières années, Hindhede s'est fait le paladin du pain intégral, les recherches physiologiques poursuivies sur la valeur alimentaire des pains obtenus avec des blutages différents laissent l'impression que le pain avec son est moins bon que les autres types de pain.

Nous ne croyons pas que l'on puisse accorder aux résultats expérimentaux obtenus jusqu'ici une portée sociale. Il s'agit bien d'expériences scrupuleusement conduites, mais limitées à un ou deux sujets, tenus en observation pendant une période de temps trop brève, deux à trois jours, alimentés uniquement avec du pain ingéré en quantité excessive, de beaucoup supérieure à la normale. Fauvel seul maintenait son alimentation ordinaire, changeant seulement le type du pain, mais il eut le grand tort d'établir ses conclusions uniquement sur les analyses d'urine, méthode peu opportune pour décider de la digestibilité des différents types de pain.

Il n'est donc pas étonnant de voir combien ces études physiologiques sur la valeur alimentaire du pain et de la farine ont donné fort peu de résultats, en dehors de la démonstration de la valeur thérapeutique du pain intégral dans la constipation.

Mais il y a une série de problèmes qui, à certaines époques, présentent un intérêt de premier ordre : Les produits de mouture qui, en temps normal, ne sont utilisés que pour la nourriture des animaux peuvent-ils être employés avec avantage pour l'alimentation humaine? — Le son peut-il être utilisé pour l'alimentation humaine et dans quelle limite? — Le pain doit-il être fabriqué avec une farine à haut blutage? Doit-on soustraire pour l'alimentation le minimum possible des produits de la mouture du blé?

Pour résoudre ces problèmes, qui dépassent de beaucoup les limites du laboratoire, il fallait, tout en conservant les méthodes et la rigueur scientifiques, opérer sur un nombre suffisant de sujets, maintenus dans les conditions de leur vie habituelle.

La société *Umanitaria* a eu le grand mérite d'instituer des recherches dans ce but et suivant une méthode pratique qui n'avait pas encore été utilisée jusqu'ici.

I. — Programme d'étude

Six ouvriers intelligents de la Maison du Travail de l'*Umanitaria*, reconnus sains et robustes

[1] Travail du Musée social de la société *Umanitaria* de Milan.

à la visite médicale, se prêtèrent de bonne grâce à l'expérience qui dura un mois, logeant et mangeant à la Maison du Travail, et continuant leurs occupations habituelles.

Duglio	22 ans	60 k. 7	Portefaix	travail dur
Franzoni	25 »	69 k. 4	»	»
Inversetti	23 »	57 k. 8	Facteur	travail modéré
Andolfi	28 »	70 k.	Gardien	»
Talignani	29 »	68 k. 4	Gardien	»
Scotti	37 »	61 k. 4	Ex-cuisinier	sans travail fixe

Malgré la confiance que le directeur de la Maison du Travail pouvait avoir dans ces ouvriers choisis, une surveillance rigoureuse était assurée par le directeur et par les deux gardiens, sujets eux-mêmes.

Les fèces et les urines étaient recueillies en totalité et analysées chaque jour au laboratoire.

Les aliments étaient régulièrement analysés. La question de l'alimentation à choisir était des plus graves; nous avons dû rejeter la méthode suivie par tous les autres expérimentateurs, qui, à l'exception de Fauvel, donnaient exclusivement du pain. Il ne serait pas possible de nourrir des ouvriers, même avec la meilleure volonté, exclusivement de pain pendant plusieurs semaines. Ce serait d'ailleurs une faute physiologique, parce qu'une alimentation exclusive est absolument contraire et constitue une erreur sociale, car il n'est pas de famille, si pauvre soit-elle, qui se nourrisse uniquement de pain; nous avons pensé qu'il était préférable, pour étudier le mode de fonctionnement de l'appareil digestif, de procéder avec une alimentation mixte, dans laquelle seule variait l'espèce de pain.

Il était encore nécessaire de choisir une ration qui, par la nature des aliments, la quantité des principes nutritifs, leur valeur énergétique, s'approchât du type de la ration alimentaire de la population ouvrière milanaise, telle qu'elle ressortait de notre enquête de 1914.

Les aliments devaient être assez variés pour satisfaire l'appétit des ouvriers, condition indispensable pour une bonne élaboration du matériel nutritif, et cependant il fallait se limiter, chaque espèce d'aliments devant être analysée rigoureusement.

Ces considérations diverses nous amenèrent à établir le type de ration suivante, qui a toujours été consommée entièrement et sans difficulté :

Matin		Midi		Soir	
Pain	100 gr.	Pain	250 gr.	Pain	200 gr.
Café et lait	250 »	Viande maigre crue	100 »	Pâte et riz crus	170 »
Sucre	15 »	Légumes divers	100 »	Beurre	12 »
		Beurre	10 »	Lard	12 »
		Vin	1/5 lit.	Fromage	17 »
				Sauce	9 »
				Charcuterie	30 »
				Vin	1/5 lit.

Au repas de midi nous avons donné 100 grammes de viande avec des légumes, parce que c'est le type du déjeuner des ouvriers milanais. Le soir, par contre, les ouvriers recherchent avec les pâtes un complément de charcuterie, fromage, etc.

Tous les aliments étaient analysés à l'état cru, libérés de toutes les parties non comestibles, de sorte qu'ils étaient consommés en totalité. Abstraction faite des très petites variations apportées par les divers types de pain, la ration journalière présentait les données suivantes :

Albumine	109 gr.		436 calories
Graisse	60 »		534 —
Hydrates de carbone	485 »		1.940 —
Cendres	23 »	Vin (400)	240 —
	677 gr.		3.150 calories

Le pain représentait :

Albumine	49 gr.	45,00 % de la quantité totale
Hydrates de carbone	303 »	62,24 % —
Substances sèches	375 »	55,42 —
Calories	2.436 »	45,58 —

Si l'on fait intervenir les 170 grammes de pâte ou de riz de la ration, on voit que les céréales fournissent :

Albumine	60,09 %	de la quantité totale
Hydrates de C.	88,45	—
Substances sèches	80,23	—
Calories	63,93	—

La ration alimentaire avait les caractères suivants :

1° Correspondre à l'alimentation d'un ouvrier milanais gagnant un salaire suffisant, et fournissant 10 heures d'un travail non excessif;

2° Offrir une forte prédominance d'albumine végétale et une faible quantité de graisse, ce qui la rapproche encore du type alimentaire de nos ouvriers;

3° Etre constituée en grande partie par des céréales et surtout par du pain, ce qui était indispensable pour les recherches en cours.

***

Les différents types de pain furent arrêtés par le Pr Minguzzi, spécialisé dans le problème de la panification.

a) Type normal, tel qu'il était d'usage courant à Milan avant l'arrêté du type unique. Farine blutée à 75 %.

b) Type unique officiel. Farine à 80 %.

c) Type bis, avec son. Farine à 85 %.

d) Type mixte. Farine de froment à 80 % : 82 parties, contre 18 parties de farine de maïs.

Ce dernier type est utilisé en Lombardie et coûte moins cher que le pain bis.

Nous avons négligé l'étude du pain mixte blé et riz, qui a été très conseillé, parce que son prix est plus élevé que le pain mixte blé et maïs.

PÉRIODE	QUANTITÉ DE FÈCES	SUBSTANCE SÈCHE	EAU	AZOTE	ALBUMINE CORRESPONDANTE
Talignani					
1° Pain 75 %	gr. 109	gr. 26,78	gr. 82.22	gr. 2.19	gr. 13,69
2° — 85 %	245	51,70	193.30	4.06	25,37
3° — 75 %	149	31.50	117.50	2.22	13,87
4° — 80 %	190	34.80	155.20	2.79	17.43
5° — mixte	244	48,60	195.40	3.75	23,43
Andolfi					
1° Pain 75 %	gr. 60.09	gr. 20.50	gr. 39.50	gr. 1.36	gr. 8.50
2° — 85 %	111.66	41.95	69.71	2.60	16.25
3° — 75 %	75.00	25.09	49.91	1.55	9.68
4° — 80 %	73.57	25.32	48.25	1.64	10.25
5° — mixte	79.37	27.07	52.30	1.87	11.68
Duglio					
1° Pain 75 %	gr. 80.00	gr. 22,82	gr. 57.18	gr. 1.32	gr. 9.87
2° — 85 %	160.00	43.16	116.84	2.62	16.37
3° — 75 %	101.66	26.60	75.06	1.81	11.31
4° — 80 %	108.57	29.14	79.45	2.01	12.56
5° — mixte	118.51	30,25	87.57	2.11	13.18
Scotti					
1° Pain 75 %	gr. 66.00	gr. 20.54	gr. 45.46	gr. 1.36	gr. 8.50
2 — 85 %	160.85	46.20	114.65	2.95	18.43
3° — 75 %	95.50	28.09	67.41	1.63	10.18
4° — 80 %	98.60	28.50	70.10	2.08	13,00
5° — mixte	116.00	34.12	81.88	2.18	13.62
Inversetti					
1° Pain 75 %	gr. 84.00	gr. 24.40	gr. 59.60	gr. 1.99	gr. 12.43
2° — 85 %	134.16	50.46	83.70	3.17	19.81
3° — 75 %	91.66	28.90	62.76	2.18	13.62
4° - 80 %	95.43	29.95	65.48	2.29	14.31
5° — mixte	99.40	29,86	69.54	2.34	14.62
Franzoni					
1° Pain 75 %	gr. 141.00	gr. 37.00	gr. 194.00	gr. 2.84	gr. 17,75
2° — 85 %	187.50	54.71	132.79	3.86	24.12
3 — 75 %	208.30	61.00	147.30	4.27	26,68
4° — 80 %	165.00	39.60	125.40	2.98	18.62
5° — mixte	203.00	59.90	143.10	3.71	23,18

La recherche fut divisée en cinq périodes de cinq jours chaque au minimum. Dans chacune d'elle, le type du pain seul était changé, le reste de l'alimentation et le travail accompli restant inchangés. L'ordre des périodes était le suivant : Pain normal, pain bis, pain normal, pain type unique, pain mixte. Après la période de pain bis, il était nécessaire de revenir à une période de pain normal, les effets du pain avec son se faisant sentir quelque temps encore après la cessation de son absorption.

II. — Résultats expérimentaux

L'étude des fèces étant de la plus haute importance, nous avons réussi à limiter facilement et avec une exactitude suffisante les fèces de chaque période, en donnant le dernier jour des haricots secs et du céleri.

Les fèces de 24 heures étaient pesées avec soin; l'azote total, multiplié par 6,25, donnait les albuminoïdes éliminés de l'intestin. La dessiccation donnait le poids sec et l'eau. Sur la

substance sèche, on déterminait les graisses et les cendres.

L'étude du tableau et des trois graphiques qui résument les cas les plus typiques montre que l'alimentation par le pain bis donne lieu à une ascension générale de toutes les courbes, avec retour à des chiffres voisins des chiffres initiaux quand on revient au pain normal, puis ascension faible avec les pains à type officiel et mixte.

Avec le pain bis, on voit que les quantités de fèces et des albuminoïdes perdues sont presque doublées, et cette action se prolonge parfois plusieurs jours après le retour au type normal. Chez l'un des sujets, Franzoni, cet effet persiste plus d'une semaine.

Le pain officiel (à 80 %) donne des résultats presque identiques au pain normal, sauf une légère action stimulante sur l'intestin.

En ce qui concerne le pain mixte (blé et maïs), il y a des réactions individuelles ; alors que, sur

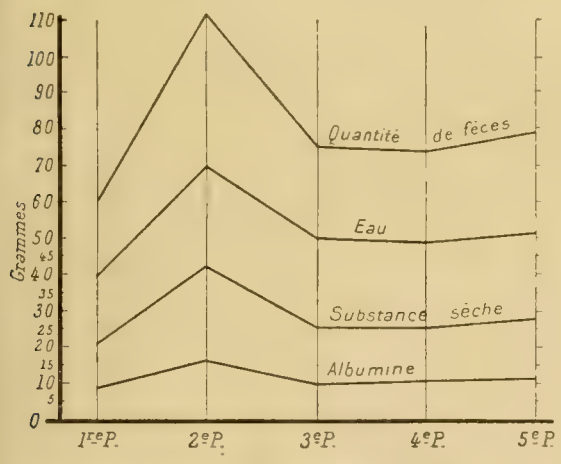


Fig. 1. — *Graphique de l'élimination chez Andolfi.*
(Type moyen des quatre ouvriers normaux.)

4 ouvriers, on ne constate qu'une faible augmentation des excreta, chez deux d'entre eux, il y a une augmentation très sensible, mais il faut ajouter que normalement ces sujets avaient toujours des excreta plus abondants.

Il résulte de ces recherches que le pain avec son provoque chez tous les ouvriers une perte de substance nutritive considérable, et que le pain mixte, étant d'un prix inférieur au pain à 85 %, a une valeur alimentaire sans doute plus grande.

L'état de santé des ouvriers s'est maintenu excellent pendant l'expérience, sauf pendant la seconde période, pain et son. Dans cette période, ils se plaignaient tous de la soif, et dans les 24 heures la quantité d'eau absorbée passa de 800-1.000 à 1.200-1.500 grammes. Cette sensation de soif disparut vers la fin de la période, sauf chez Franzoni. Tous accusèrent de petites douleurs viscérales, des selles nombreuses surtout dans les deux premiers jours. Chez Talignani et Franzoni, il y eut du météorisme, et chez ce dernier de telles douleurs qu'il fallut donner du laudanum.

Comment expliquer ces effets du pain à blutage à 85 %, effets tels qu'ils écartent toute idée de pousser les études sur des farines plus riches encore en son.

On ne peut évoquer une irritation mécanique sur la muqueuse intestinale produite par la cellulose. En calculant, pour 100 grammes de son,

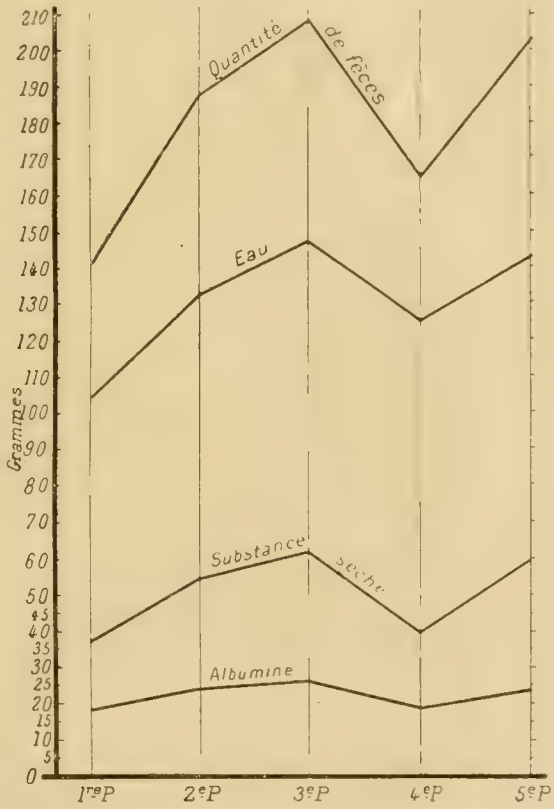


Fig. 2. — *Graphique de l'élimination chez Franzoni.*

35 grammes de cellulose, on trouve, pour 27 grammes de son contenu dans les 550 grammes de la ration quotidienne, 10 grammes de cellulose, chiffre insuffisant pour pouvoir agir avec cette intensité sur le péristaltisme intestinal, sur la composition des fèces, surtout chez des individus dont l'alimentation habituelle est déjà riche en cellulose.

Il faut attirer l'attention sur une observation qui peut avoir un grand intérêt : Les fèces de nos sujets, normalement acides, devinrent très acides, avec forte odeur d'acide butyrique pendant la période du pain bis, et cette observation se répéta chez Franzoni et Talignani pendant

leur alimentation au pain mixte, que seuls ils supportèrent mal.

Rubner avait déjà fait la même observation avec le pain intégral, et Fauvel avait signalé une augmentation de l'acidité urinaire avec le pain

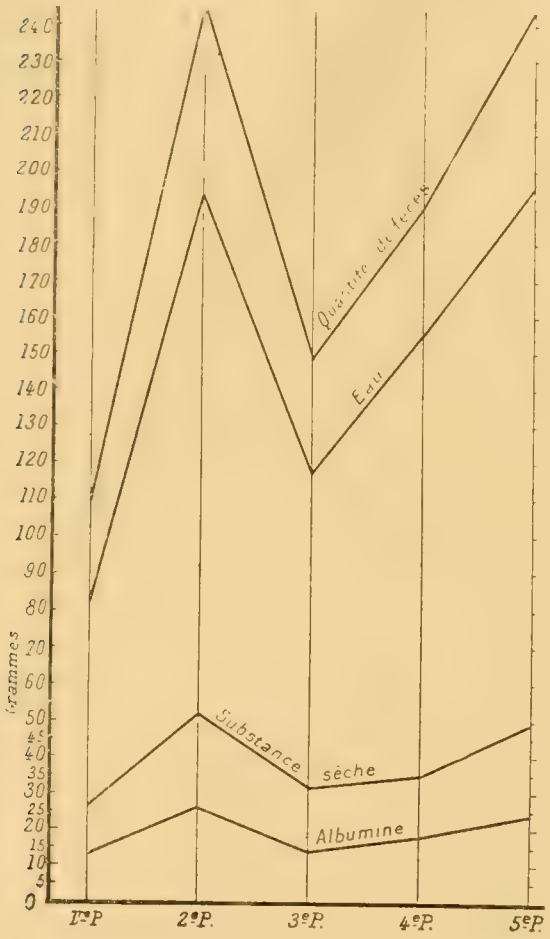


Fig. 3. — *Graphique de l'élimination chez Talignani.*

complet. Ces résultats ne sauraient surprendre; on sait, en effet, que les farines fermentent d'autant plus facilement qu'elles sont moins fines, que le son fermente énergiquement dans l'intestin en produisant des gaz, des acides gras, particulièrement de l'acide butyrique. C'est dans cette fermentation du son que nous voyons la cause des effets observés pendant l'alimentation avec le pain bis.

Cette propriété fermentative du son justifie l'emploi du pain bis comme agent thérapeutique contre la constipation, mais ne peut être un argument pour le recommander dans l'alimentation populaire.

* *

Les conclusions tirées de l'analyse des fèces trouvent une confirmation nouvelle quand on calcule la quantité absolue ou relative des principes nutritifs réellement absorbés pendant les diverses périodes.

Dans la seconde période, avec le pain bis, non seulement on constate, comme on pouvait s'y attendre, une diminution d'absorption des éléments organiques et inorganiques de la ration, diminution qui se poursuit pendant la troisième période (pain normal), mais encore que cette diminution proportionnelle porte principalement sur les substances protéiques.

En passant du pain à 75 % au pain à 85 %, on voit l'utilisation de l'albumine baisser même de 10 %. Ni les graisses, ni les hydrates de carbone ne subissent une diminution pareille.

Le pain officiel à 80 % ne donne lieu à aucun des inconvénients observés avec le pain bis, et le degré d'utilisation se rapproche beaucoup de celui obtenu avec le pain à 75 %.

On peut donc admettre que le pain à 80 %, correspondant au pain de ménage, est un type excellent, qui, par suite de sa supériorité au point de vue économique, doit être maintenu en usage, même après la crise terrible actuelle et le triomphe du droit.

Le pain mixte a une valeur alimentaire inférieure à celle du type officiel, mais supérieure au pain obtenu avec une farine à 85 %.

Le travail d'Hindhede, le défenseur du pain au son, est souvent cité par les partisans du pain intégral. Cette recherche a le grand tort, toutefois, de porter sur un seul individu qui s'alimentait avec une forte quantité de pain (1.000 à 1.200 grammes et 100 à 150 grammes de graisse; c'est seulement à certains intervalles qu'on ajoutait un demi-litre de lait). Vouloir tirer des conclusions d'ordre général d'une expérience poursuivie sur un sujet unique et doué d'un intestin aussi tolérant, c'est évidemment vouloir plier les recherches expérimentales à une thèse préconçue.

Bien mieux, l'expérience de Hindhede vient même appuyer nos conclusions, puisque ce fut avec l'usage d'un pain riche en son que le savant danois nota une perte marquée de l'albumine. Hindhede a étudié les différents types de pain au point de vue économique, et il résulte de ses tableaux que le pain intégral de seigle, sur lequel Hindhede insiste particulièrement, avait un prix si bas par rapport aux autres types de pain, qu'avec la même somme on devait nécessairement acquérir une plus grande quantité de principes nutritifs qu'en achetant d'autres pains, même plus digestibles. Mais, en Italie, la différence de prix entre les pains à 75 et 85 % est

trop faible pour compenser la perte en protéiques observée avec les pains inférieurs.

Les défenseurs du pain intégral soutiennent que la suppression du son entraîne la perte de principes importants, comme la *vitamine*, très utile pour le métabolisme des systèmes nerveux et musculaire. Si on nourrit des jeunes poussins, canards, avec du riz non mondé, ils poussent normalement, alors que, si on le remplace par du riz émondé ou du pain blanc, ils présentent des troubles de polynévrite, qui disparaissent en redonnant du riz non décortiqué ou de l'extrait même de l'enveloppe du riz. La nature de la vitamine est encore inconnue; nous ignorons comment elle se comporte avec la chaleur. Dans le lait, elle paraît altérée par l'ébullition et c'est à cette destruction que l'on a attribué les mauvais effets du lait bouilli (maladie de Barlow).

La doctoresse Mlle Neppi a aimablement accepté de rechercher si le pain intégral possédait encore les oxydases que l'on rencontre dans le son et qui donnent aux farines pauvres la couleur sombre qui se communique au pain.

Les recherches de Neppi ont établi que la cuisson suffisait pour détruire toutes les oxydases de la farine; il y a donc lieu de penser qu'il en est de même de la vitamine. Nous pouvons ajouter que nos lapins, nourris exclusivement au son, même en quantité largement suffisante, devenaient rapidement cachectiques. Malheureusement, ces recherches ont été interrompues par les circonstances actuelles.

Nous croyons pouvoir affirmer que la valeur alimentaire du pain n'est pas influencée par sa richesse en vitamine, en admettant même que celle-ci résiste à la cuisson. Les légumes que consomment nos ouvriers apporteraient d'ailleurs une quantité suffisante de cette substance.

En fait, nous pouvons conclure que le son n'est pas un aliment utile à l'homme et que le pain qui ne contient qu'une modique quantité de son (farine à 85 %) produit déjà une perte sensible, surtout en protéiques.

Le pain de ménage, adopté par le Gouvernement italien comme type unique à 80 % de blutage, est, au contraire, un pain excellent et dont l'usage doit être encouragé, même en temps normal.

Angelo Pugliese,
Directeur de l'Institut de Physiologie expérimentale de Milan.

L'INDUSTRIE MINÉRALE A MADAGASCAR

SON HISTOIRE. — SON ÉTAT ACTUEL

PREMIÈRE PARTIE : MINERAIS MÉTALLIQUES

I. — Fer.

L'industrie du fer existe de temps immémorial chez la plupart des peuplades de Madagascar.

Quelques-unes cependant, les Vazimba du Centre et de l'Ouest, les Betsimisaraka et les Bezanozano par exemple, ne la pratiquaient pas par respect des coutumes ancestrales : ce n'était pas, en effet, par défaut de minerai, ni par ignorance que ces indigènes ne travaillaient pas le fer; c'est parce que, leurs aïeux étant venus des îles madréporiques de l'Extrême-Orient où il n'y a ni mines métalliques, ni argile, et où les ustensiles de ménage et les armes sont, par conséquent, d'un genre tout spécial, ils ont conservé leurs mœurs primitives et se sont refusés à pratiquer des industries qui leur étaient inconnues. Il faut ajouter toutefois qu'ils n'hésitaient pas à profiter, lorsque l'occasion se présentait, des produits dus au travail des autres peuplades.

A Madagascar, on trouve du minerai de fer à fleur de terre dans beaucoup de localités, surtout dans les terrains métamorphiques de l'Est et du Centre, à l'état soit de limonites ou d'hématites, soit, dans les quartzites, de magnétites [1]. Dans l'Est de l'Imérina, par exemple, on a reconnu une zone de terrains ferrugineux longue d'une centaine de kilomètres sur une largeur de 12 à 15, zone dont fait partie l'Amoronkay ; de même, dans le sud de Boina, il y a des gisements importants sur la rive gauche de la Mahajamba ; dans ces régions, il suffit de creuser le sol de quelques décimètres pour se procurer du minerai de qualité excellente.

Le procédé de fabrication indigène est à peu

1. En certaines régions de Madagascar, sur la Cote Nord-Est par exemple, la magnétite abonde à tel point qu'elle fait dévier le compas des navires.

Le minerai utilisé par les Malgaches contient souvent de 65 à 70 % de métal.

près le même dans toute l'île; on concasse le minerai en très petits fragments avec un marteau; puis on le transporte dans des *sobika* ou grands paniers au bord d'un cours d'eau pour le laver en le brassant avec les mains dans tous les sens; au cours de cette opération longue et pénible, son volume se réduit à peu près de moitié[1]. On dispose alors ce minerai de choix entre deux couches de charbon de bois, soit dans un trou fait dans le sol, soit plutôt entre quatre grosses pierres cimentées avec de la terre glaise, ou dans un fourneau d'environ 1 mètre de hauteur sur 80 cm. de diamètre, lequel était construit avec des pierres ou des scories, et enduit selon le cas extérieurement ou intérieurement d'argile. La charge de ces fourneaux est de 4 à 5 *sobika* de minerai lavé, soit environ 150 à 200 kilogrammes; le poids du lingot de fer qu'on en retire n'est que de 50 % approximativement; cette perte de moitié du poids du minerai est due au mâchefer et à la fonte qui se mélange avec lui, et, comme ce culot n'est que partiellement réduit et qu'après l'avoir brisé à coups de marteau on est obligé d'en rejeter certaines parties, à la fin on ne retire guère plus de 25 % du minerai traité.

Pour souffler le feu, les forgerons malgaches emploient deux troncs d'arbres évidés, véritables corps de pompe en bois, hauts de 1 mètre et ayant environ 15 cm. de diamètre; ces tubes sont fermés dans le bas, à l'exception d'un petit orifice auquel est adapté un tube de bambou ou de fer, par lequel on projette l'air sur le feu; dans chacun de ces cylindres, il y a un piston en bois, au-dessous duquel est ajusté un tampon de rabane rembourré de paille, et que surmonte un bâton : la femme qui les manœuvre refoule l'air en abaissant l'un, pendant qu'elle l'aspire en soulevant l'autre, de sorte que le feu est activé régulièrement d'une manière continue. En Extrême-Orient, les Laotiens, les Cambodgiens et les indigènes de beaucoup d'îles océaniennes, ainsi que les habitants des rives du Zambèze, se servent d'un soufflet analogue. Par contre, au Menabé (région occidentale de Madagascar), les forgerons font usage d'un autre système plus répandu dans le centre de l'Afrique : c'est un soufflet en peau de chèvre, formé de deux outres qu'on presse avec la main.

On chauffe pendant 6 à 8 heures; lorsque l'opération est terminée — ce qu'on reconnaît à la couleur de la flamme — on laisse refroidir; on brise l'enveloppe pour retirer un culot de fer imparfaitement fondu qui ressemble plutôt à une scorie qu'à un bloc de fonte. Les morceaux reconnus bons sont ensuite chauffés au rouge vif, et on les martèle pour en exprimer les impuretés et les transformer en lingots ou en fer plat. Ces fers sont de bonne qualité. Assez souvent, cependant, ils sont brûlés.

L'enclume est un simple morceau de fer d'une quinzaine de kilogrammes, posé sur le sol, et le marteau, à manche très court, pèse deux kilogs environ.

En modifiant les proportions relatives du charbon et du minerai, et en modérant l'action du soufflet, les Merina fabriquent de l'acier ou plutôt du fer aciéreux, qui est vendu sur le marché en masses spongieuses, et avec lequel ils font le tranchant de leurs outils.

A peu près partout, à Madagascar, comme nous l'avons dit plus haut, on travaille le fer, surtout dans le but de fabriquer des sagayes, des bêches, des haches, des couperets et des couteaux, des fouines ou harpons, des hameçons, mais les Betsileo et surtout les Merina, plus industrieux et plus travailleurs, ont de tout temps été très supérieurs aux autres peuplades sous ce rapport, comme d'ailleurs sous beaucoup d'autres : Les Merina, écrivait Mayeur, « le premier Européen qui a visité leur pays en 1777 et en 1785 », sont très habiles au travail des métaux et ils sont d'excellents faussaires... « A Nosiarivo (entre Ambatomanga et Ankeramadinikia), en outre de ceux qui travaillaient le minerai de fer, il y avait une partie des habitants qui forgeait avec beaucoup d'adresse des haches, des grilles, des bêches, des fers à nègres, des balances, des sagayes, des lampes, des limes, des marteaux, des ciseaux, des couteaux de toutes grandeurs et de toute espèce, des aiguilles, etc. Ils faisaient aussi toutes les pièces d'un fusil, assemblant bien celles de la batterie; le canon seul, qui n'est pas foré, mais soudé dans sa longueur, est défectueux et, au premier essai, crève ». Dans l'Amoronkay, région à l'est de l'Imerina, « neuf hommes et deux enfants peuvent par jour convertir le minerai en 48 livres de fer, et ce fer en huit bêches valant 2 piastres », raconte l'Anglais Hastie en 1817. En 1822, à l'arrivée des missionnaires et des artisans anglais, les habitants du centre de Madagascar savaient faire, en outre des objets énumérés par Mayeur, des pots de fer, des cuillers, des crocs, des limes, des rabots, des clous, des pinces à épiler et du fil de fer. M. Jones et l'ouvrier Chick leur ont appris à mieux travailler et leur ont montré à faire des serrures, des vis, des baïonnettes et des sabres; M. Chick s'établit à Amparihibé, au nord du Champ de Mars de Tananarive, et le roi mit sous ses ordres

1. En 1898, à Marorangotra, M. Bouts a inauguré le lavage mécanique du minerai et son transport dans des charrettes.

de nombreux apprentis, 250 environ, dit-on, avec lesquels il fit le balcon de la villa royale de Soanierana ainsi que la forte chaîne qui l'entourait.

Un créole français de l'île Maurice, nommé Cavaille, a appris aux Merina, en 1829, à travailler le fer blanc, et les Zanakambony (5e classe de la noblesse merina) en eurent le monopole : les malles, les boîtes, les assiettes, les gobelets, les arrosoirs, etc., qu'ils fabriquaient n'étaient pas inférieurs aux mêmes articles faits par nos ferblantiers, mais il faut dire que le fer blanc venait d'Europe. Vers 1870, la caisse de 225 feuilles pesant 50 kilogrammes valait à Tananarive de 60 à 75 francs.

Quelques années après la venue de Cavaille, Jean Laborde, ayant fait naufrage en 1831 au Sud de Mahela, trouva l'hospitalité chez M. de Lastelle qui l'amena à Tananarive.

Mis en rapport avec un Français, M. Droit, qui avait établi une fabrique de fusils à Ilafy, près de Tananarive, il travailla avec lui jusqu'à son départ en 1835[1], perfectionnant non seulement le forage des fusils, mais fondant et forant même des canons. Resté seul, il transporta en 1837 cet établissement, qui était loin de tout bois et de chutes d'eau, auprès du petit village de Mantasoa, à Soatsimanampiovana (littér. : Beau lieu qui ne change pas), à 8 kilomètres à l'ouest de la capitale, où il a déployé une activité, une patience et une ingéniosité admirables. La demeure de la Reine, qui aimait à venir assister aux multiples travaux que M. Laborde faisait exécuter, était au centre de la cité industrielle qu'habitaient les 3.000 ouvriers de l'établissement et leurs familles, et tout autour s'élevaient la maison de Jean Laborde, un haut fourneau, tout en pierres de taille, et une foule de fabriques et d'ateliers de toutes sortes.

C'est à l'aide des seuls *manuels Roret* que Jean Laborde a organisé les diverses usines : à côté du haut fourneau, il y avait le four de cémentation, les forges, les fabriques de canons et de fusils, les ateliers de charpentiers et de tourneurs, la verrerie, la fabrique de porcelaine, le four à chaux... et à une certaine distance la poudrerie.

Le premier canon fait à Soatsimanampiovana, qu'on a appelé *Mpamonjisoa* [le sauveur], a été placé à Tananarive; les suivants ont été envoyés dans divers forts de l'intérieur ou des côtes. Le haut fourneau avait 6 m. 50 de côté et 8 m. de hauteur et portait sur sa face l'inscription R. M. surmontée de la couronne royale (*Ranavalona manjaka* [Ranavalona était reine]) et la date 1841. Le four de cémentation avait environ 3 m. de côté sur 13 m. 50 de hauteur; à côté étaient cinq grands bâtiments séparés les uns des autres par un intervalle de 8 m.; le premier (fonderie de canons) mesurait 57 m. 60 sur 14 m.; la toiture en était soutenue par sept pilastres de 1 m. de côté; et les quatre suivants [lavoir de minerai, salle de forage des canons, papeterie et verrerie] 33 m. sur 11 m. Aux alentours, d'autres plus importants encore étaient consacrés à la forge, à la porcelaine, à la poterie, à la tannerie, etc.; d'un vaste bassin à écluses, l'eau se répandait dans les divers ateliers par des aqueducs souvent taillés dans le roc, et faisait aussi tourner quatre roues hydrauliques qui mettaient en mouvement les machines et dont l'une n'avait pas moins de 3 m. de diamètre.

Cette usine, créée de toutes pièces en plein pays barbare, a excité à juste titre l'étonnement de tous ceux qui l'ont visitée et qui en sont sortis pleins d'admiration pour l'homme de grand caractère et de haute valeur qui a su l'édifier; il lui a fallu construire les ateliers, trouver les matières premières et les mettre en œuvre, former les ouvriers; c'est au loin qu'il a dû aller chercher la plombagine pour faire les creusets, le manganèse pour faire le verre, la terre pour faire les briques réfractaires, le calcaire pour faire de la chaux ou des fondants, etc. Là ont été faits les premiers paratonnerres dont la ville de Tananarive a bientôt été hérissée sous sa bienfaisante impulsion, car, à la saison des pluies, les orages y sont très fréquents et la foudre tombe souvent sur les maisons où elle causait jadis la mort de nombreux habitants.

Cette magnifique usine a été abandonnée après la mort de Ranavalona Ire, qui en était très fière, parce que, Radama II ayant inconsidérément aboli toute corvée, les ouvriers l'ont abandonnée, s'en retournant chez eux; les voisins ont dès lors arraché morceau par morceau tout le fer des bâtiments, brisant les pierres qui encadraient les portes pour s'emparer des gonds, et aujourd'hui il n'en reste plus que quelques vestiges. Toutefois, si ce remarquable établissement a disparu par la négligence et l'apathie des Merina, l'exemple et l'enseignement donnés par Laborde n'ont pas été perdus et ont produit de bons résultats.

Un forgeron merina, qui se payait, en 1838, 0 fr. 40, plus la nourriture (soit le double d'un ouvrier ordinaire), gagnait, à la fin du siècle

1. Droit avait épousé à Maurice la fille d'un Hova et, venu à Tananarive, il avait commencé, à la demande de la reine, à fabriquer tant bien que mal les canons de fusil, mais il dut quitter en 1835 parce qu'il refusa d'entrer dans le complot du *Voltigeur*, navire français acheté par Ranavalona pour aller sous notre drapeau surprendre les chefs Sakalava de la baie de Saint-Augustin et s'en emparer traitreusement.

dernier, 0 fr. 80 à 1 fr. 25 (pour un ouvrier donnant la moitié du rendement d'un Européen).

II. — Or.

Malgré les nombreux récits des anciens voyageurs sur les richesses minières de Madagascar, la constatation de l'existence de minerais autres que ceux de fer est relativement récente.

La première découverte authentique d'or à Madagascar a été faite en 1845 par Laborde. Voici dans quelles circonstances : M. Laborde était à la chasse des bœufs sauvages avec la reine Ranavalona Ire dans la plaine de Manerinerina, qui est située dans l'ouest de Madagascar au pied du grand massif central, lorsqu'il aperçut des parcelles d'or dans un torrent ; il les prit et les montra à la Reine : « L'or est bien mieux dans les entrailles de la terre où Dieu l'a mis que dehors, dit-elle, rejetez-le dans l'eau de la rivière. Si les étrangers savaient qu'il y a de l'or ici, le pays ne m'appartiendrait plus. » L'incident fut tenu secret. Lorsque Radama II succéda à sa mère, il prévit la probabilité des prospections minières, tout en se réservant l'exploitation proprement dite, mais Ranavalona II interdit de nouveau toute recherche.

En 1869, un mineur anglo-australien, sur le conseil de M. Parrett, étudia les alluvions de certains affluents de la Betsiboka et constata dans le sable de l'Ampisiria l'existence du précieux métal, mais il dut quitter le pays par ordre du premier ministre ; en 1885, une nouvelle tentative fut faite à l'instigation de M. Suberbie par un garçon boucher français nommé Cadière, qu'il envoya dans la vallée de Marokoloy (aux environs de Malatsy, sur la route de Majunga) et qui, y ayant trouvé de l'or, le lui apporta ; M. Suberbie demanda (sans souffler mot de l'or) le terrain pour 25 ans « pour y faire des plantations de compte à demi, frais, direction à sa charge seule et les bénéfices devant être partagés ».

Mais le Gouvernement malgache, qui ne savait comment payer les intérêts de l'emprunt émis pour son compte par le Comptoir d'Escompte, se décida à permettre à des étrangers, moyennant une redevance, d'exploiter les alluvions aurifères.

La première concession, située entre le Mahajamba et la Mahavavy, avait 300 kilomètres de côté ; elle fut donnée en décembre 1886 à M. Suberbie, qui établit le centre de son exploitation à Suberbieville, près de Maevatanana. Le Gouvernement malgache devait fournir les ouvriers (que M. Suberbie crut néanmoins de son devoir de rétribuer dans une certaine mesure) et toucher 10 % sur le produit brut, plus 50 % des bénéfices, mais les débuts furent difficiles : en 1888, « dans les bons jours, la production atteignait une centaine de grammes ». Le premier ministre, ne voyant pas affluer dans sa caisse les trésors sur lesquels il avait compté, condamna alors tous ses sujets, à l'exception des Nobles, à chercher de l'or par *fanampoana*, par corvée, surtout dans le sud du Betsileo. Ce travail obligatoire donna lieu à de nombreux abus et beaucoup de villages situés aux environs des gîtes furent désertés.

Quant à M. Suberbie, il commença, à la fin de 1889, à faire foncer des puits et creuser des galeries pour exploiter un filon de quartz aurifère de 15 à 20 centimètres d'épaisseur qui existait à un kilomètre au sud de Maevatanana et, ayant fait venir des pilons, il mit en marche, au commencement de 1891, la première usine de broyage de quartz, d'amalgamation et d'extraction de l'or à Madagascar. A la fin de 1892, Suberbieville, centre des exploitations, à 4 kilomètres de Maevatanana, avait près de 5.000 habitants ; une douzaine de chantiers étaient établis aux alentours, de telle sorte que ce pays jusque-là désert, et qui l'est totalement redevenu aujourd'hui, comptait près de 20.000 habitants.

Une autre concession a été accordée avec les mêmes charges, en 1891, à un Mauritien, M. Talbot, qui avait trouvé une mine d'or à Ambohipisaka, à 3 heures au nord-est d'Ankavandra ; cette concession s'étendait de Matseroka à Saropitsahana en latitude et jusqu'au pied du Bongolava dans l'Est, soit sur une étendue de pays d'environ 450 kilomètres sur près de 200. Mais, quand les 80 mineurs amenés de l'Afrique du Sud par son associé, le soi-disant capitaine Dawson, qui leur avait promis des concessions de 5544 mètres carrés, pour 3 ans, moyennant 10 livres sterling une fois données et 55 % de l'or trouvé à payer au Gouvernement malgache, voulurent débarquer en août 1891 à la bouche du Manambolo (qui est dans le Menabé, non soumis aux Hova) pour se rendre à Ankavandra, les Sakalava les empêchèrent de passer et le bateau dut les conduire à Morondava, d'où ils se rendirent à Mahabo ; mais, comme ils n'avaient pas de lettre du premier ministre, le gouverneur leur refusa des porteurs et leur fit signer une attestation comme quoi il les avait dissuadés d'entreprendre ce voyage à travers un pays rebelle : 14 seulement ont réussi à atteindre Ankavandra où, contrairement à leur espoir, personne ne les attendait et ont été obligés de se rendre à Tananarive, comme le raconte le *Madagascar News* du 10 octobre 1891 ; Dawson, qui avait empoché le prix des claims imaginaires qu'il leur avait vendus,

ne les attendit pas et s'embarqua à Tamatave le 27 septembre.

Il résulte de ces récits qu'en réalité aucune exploitation, ni même aucune recherche sérieuse n'ont été entreprises jusqu'aux dernières années du XIXe siècle; aussi, dès notre prise de possession, un engouement excessif pour les mines d'or de Madagascar s'est-il manifesté et traduit par des prospections nombreuses.

L'or se trouve à Madagascar soit en filons dans le quartz ou dans les schistes cristallins, soit le plus souvent dans des alluvions ou dans les latérites provenant des roches décomposées sur place par les agents atmosphériques; les régions, tant filoniennes qu'alluvionnaires, les plus riches en or sont disposées suivant des lignes de fracture qui ont amené probablement au jour les filons aurifères.

Les filons aurifères du Nord sont constitués par du quartz intercalé dans des grès liasiques; c'est le cas, par exemple, de la riche mine d'Andavakoera, située à 100 kilomètres au sud d'Antsirana (Diego Suarez), entre les sources du Loky et le haut Mananjeba; découverte vers 1903, elle a produit, en 1909, 2.250 kilogs d'or; mais, dès l'année suivante, la production a diminué par suite des difficultés de l'exploitation en profondeur. Ceux de l'Est sont constitués par du quartz intercalé au milieu des gneiss, micaschistes et schistes du massif archéen qui forme le centre de Madagascar ; dans la province de Mananjary, il y a des filons de ce dernier type atteignant quelquefois un mètre d'épaisseur, que les rivières torrentielles qui se jettent dans l'océan Indien coupent à angle droit; certains contiennent 35 gr. à la tonne et on en a même, dit-on, trouvé un qui en a fourni 70. Des gisements importants existent d'ailleurs dans la chaîne cotière orientale, entre 200 et 800 mètres d'altitude, depuis le Mananjary jusqu'au nord-ouest de la baie d'Antongil ; ils sont coupés par l'Ampoasary (affluent du Mananjary), le Fanantara, le Sakaleona, divers affluents du Mangoro et de l'Iharoka [près de Beforona], le Maningory, etc. On a reconnu aussi une bande de terrain aurifère entre Mandritsara et Ankavandra, longue d'environ 350 kilomètres ; elle se prolonge même, croit-on, jusqu'au cœur du pays Betsileo, jusqu'à Ambohimandroso. Entre ces deux bandes, il y a çà et là de nombreux placers.

Les filons qu'on a tenté d'exploiter dans le centre et l'ouest ont généralement traversé des gneiss et se trouvent enclavés dans des quartzites, des calcaires cipolins et des micaschistes. Parlant des gisements du centre de l'île, M. Lacroix dit que l'or « est un élément qui se trouve, rarement toutefois, dans les magmas granitiques ; il n'est donc pas étonnant qu'il apparaisse assez abondamment à Madagascar dans les schistes cristallins sur lesquels le granit a fait sentir son influence, et les filons quartzeux aurifères de cette île semblent en relation avec le granit ».

Les gisements alluvionnaires qui sont situés aux environs des filons riches attirent de préférence les exploitants, notamment ceux des bassins du Loky et du Sambirano, dans le nord ; du Sakaleona, du Fanantara, du Sahampaka, de la Saka, du Mananjary et de son affluent, l'Ampoasary, dans l'est; du Dabolava, de l'Antsaily, de l'Andovoka, du Rafiatokana dans l'ouest; et dans le centre, du Sisaony, de l'Onivé, du Sakay. du Kitsamby, etc., ainsi que de l'Ikopa et du Betsiboka, dans la région de Maevatanana.

Les latérites, qui proviennent de la décomposition sur place des granits, des gneiss, etc., sont parfois assez riches en or pour pouvoir être traitées utilement. Les pépites qu'on y trouve ne sont pas roulées et il n'est pas douteux qu'on les extrait de leur gisement originel. D'ailleurs on a des échantillons de gneiss contenant de l'or, gneiss qui, décomposés, forment les terres rouges de Madagascar. D'après M. Chauveau, l'or du Betsileo est retiré de terres rouges qui sont elles-mêmes le produit de la désagrégation de roches amphiboliques qui contiennent des pyrites aurifères ; ces terres fournissent de 1 à 2 grammes à la tonne.

L'or de Madagascar était coté en 1910 de 2 fr. 20 à 3 fr. 43, selon sa pureté.

Le procédé d'extraction le seul usité autrefois, et le plus usité encore aujourd'hui, est celui de l'orpaillage, qui existait déjà du temps de Salomon, c'est-à-dire du lavage au *sahafa* (ou van de bois), à la battée qui est le plus généralement ronde et légèrement concave; d'ordinaire, les hommes extraient à la bêche le sable ou la terre, et les femmes en opèrent le lavage. Assises sur la berge d'un cours d'eau ou y entrant jusqu'aux genoux, elles plongent la battée dans l'eau jusqu'au bord et lui impriment un mouvement giratoire, malaxant la terre et débourbant le contenu avec la main jusqu'à ce que l'eau ait entraîné les matières légères, et, après quelques lavages successifs qui emportent le gravier, il ne reste plus que l'or et quelques parcelles de minerai de fer. Une femme fait par heure, dit-on, 7 battées de 10 litres d'alluvions, soit environ 3/10 de mètre cube par jour, et, comme elles ne travaillent que cinq jours par semaine, elles ne lavent pas plus de 1 mètre cube 1/2 par semaine.

La moyenne de la teneur en or ne dépasse guère 20 à 40 centigrammes et le rendement

par jour oscillait entre 14 centigrammes et 1 gramme; quelques gisements cependant donnaient jusqu'à 8 grammes. Les ouvriers employés sur les concessions actuelles doivent fournir un rendement gratuit fixé d'avance suivant la richesse du placer, et l'or qu'ils recueillent en plus leur est payé à raison de 50 à 65 francs le poids de l'ancienne piastre espagnole (soit 27 grammes), suivant les circonstances plus ou moins favorables de l'exploitation et la quotité plus ou moins forte du prélèvement initial : c'est ce genre de travail à la battée que préfèrent les Malgaches.

Comme dans les alluvions pauvres il est nécessaire d'employer les méthodes industrielles, on a introduit sur certains chantiers les « sluices », dont le travail est facile, sans apprentissage, pour tout homme valide, qu'on paie de 0 fr. 30 à 0 fr. 80 suivant les conditions locales.

Le « sluice » ou *lakantany*, comme l'appellent les Malgaches, est un petit canal, long de 60 à 80 mètres, large de 0 m. 20 à 0 m. 40 et profond de 0 m. 25 et ayant une certaine pente, canal formé par une série de compartiments en bois, ou « boxes » de 3 à 4 mètres de longueur qui portent un double fond mobile, une claire-voie constituée par des baguettes entrecroisées au-dessous desquelles s'accumule l'or; l'alluvion se débourbe facilement pendant les dix premiers mètres où la pente est plus forte que dans le reste, où elle n'atteint que 4 ou 5 centimètres par mètre; grâce à sa densité, l'or reste entre les traverses. Vingt hommes suffisent à alimenter un « sluice » qui traite une vingtaine de mètres cubes d'alluvion. Au début, on n'avait d'ordinaire pas recours à l'amalgamation; aujourd'hui, on l'emploie dans une certaine mesure (dès 1898, dans les mines de Maevatanana [Suberbie] et de Maroandriana [Sescau], entre Ambositra et Ambohimanga du sud, etc.).

Un « sluice » bien installé peut travailler avantageusement un placer dont la teneur ne dépasse pas par mètre cube 0 gr. 5 d'or, l'extraction ne coûtant pas plus de 0 fr. 60, si elle est bien conduite. Il y a donc réduction d'environ 50 % dans le prix de revient de l'or et également réduction dans le nombre des travailleurs nécessaires; ce qui est fort important dans un pays aussi peu peuplé que l'est Madagascar. Parmi les premiers sluices employés à Madagascar, il faut citer ceux de Tetezambato, sur la rivière Ivato, à 15 kilomètres au sud d'Ambositra où, en 1898, la Compagnie lyonnaise employait, dit-on, un millier d'ouvriers, et ceux d'Anasaha, à 70 kilomètres au sud-est de Fianarantsoa, où, cette même année, MM. Meurs et Boussand, qui y avaient établi une colonie minière comptant environ 500 cases, ont obtenu des rendements de 1 fr. 50 à 3 fr. 50 la tonne.

Dans les exploitations filoniennes, on a recours aux pilons lourds pour broyer le quartz; après les installations de M. Suberbie, l'exploitation des roches filoniennes fut entreprise à Vohinambo, à 12 kilomètres au sud-est d'Arivonimamo, où l'or se trouve dans des bancs de schistes quartzeux, à Imaina, dans le Betsileo, à Benandrambo, près de Beforona, où le Syndicat lyonnais exploite des sulfures d'or ayant pénétré des quartzites, aux environs de Miandrivazo, à Andavakoera, etc.

III. — Métaux autres que le fer et l'or.

Il y a, à Madagascar, d'assez nombreux et importants gisements de métaux autres[1] que le fer et l'or : gisements de cuivre[2], de plomb[3], de nickel[4], de zinc[5], d'antimoine sulfuré[6], de manganèse[7], de titane[8], de bismuth[9], d'uranium et de

1. On n'a encore constaté nulle part avec certitude la présence d'étain; les petites perles que les indigènes tressent dans les bordures de leurs pagnes viennent de l'étranger.

2. Dans le Betsileo, à Ambatofangehana (à 27 kilomètres S. S. O. d'Ambositra) en particulier, où il y a deux mines : Ampanaovampiraka (où il y a aussi du plomb) et Voainana [chalcopyrite et malachite]; — dans l'ouest de l'Imerina, région du Vonizongo et de Betafo [cuivre natif, sulfure, chalcopyrite et malachite]; — dans le nord-est, baie d'Antongil et environs de Vohémar; — dans le nord, non loin de Diego-Suarez, à Ambohimarina [cuivre natif]; — dans le nord-ouest, baie d'Ambavatoby [sulfure de cuivre]; — dans l'ouest, non loin du lac Kinkony, où une mine était exploitée par des forgerons sakalava et makoa qui faisaient avec le cuivre des bassins dans le goût indien, bassins qui étaient répandus dans tout le Maïlaka et l'Ambongo. Il y avait aussi des gisements de minerais de cuivre dans le cercle de Maintirano, sur les bords de la Mahavavy et au Betsiriry.

3. Dans le Betsileo, mine d'Ampanaovampiraka et à Manindroa, au sud de Betafo; — dans le nord-ouest, à Ambavatoby ainsi qu'à Nosy-bé; — dans le nord-est, au nord d'Antongil et aux environs de Vohémar.

4. A Ambositra, où il existe un important gisement de garniérite.

5. A Nosy-bé et dans le nord-ouest du Boina. On dit aussi avoir trouvé de la cassitérite dans le Betsileo (près d'Ambatofangehana), ainsi que dans le pays Tanala (près d'Ambohimanga du sud), mais ces découvertes n'ont pas encore été confirmées.

6. Dans le nord-ouest, au nord du cap Saint Sébastien et dans le sud de la baie d'Ampasindava, sur le Sambirano, où le sulfure d'antimoine se présente sous forme de veinules dans le quartz. Des colons ont signalé aussi de l'antimoine sulfuré dans le pays Mahafaly et dans l'île de Sainte-Marie, mais le fait n'a pas été confirmé.

7. Il existe de l'oxyde de manganèse à 70 kilomètres environ au sud de Tananarive. C'est d'ailleurs de cette même région, sur le versant méridional du massif de l'Ankaratra, que M. Laborde a fait venir les rognons dont il se servait pour nettoyer le verre. On a signalé aussi l'existence de gisements de minerai de manganèse à 25 kilomètres environ au nord-ouest de Tananarive et dans le nord de l'île de Sainte-Marie.

8. Très répandu dans tout le sud du plateau central et le Betsileo sous la forme de fer titané, de niobo-titanates et de rutile.

9. A Ampangabé, près de Miandrarivo.

radium[1], de mercure[2], de platine[3] et d'argent[4], mais la plupart n'ont été reconnus que depuis notre conquête et aucune mine n'a été exploitée jusqu'à ces derniers temps; seules les premières, celles de cuivre et de plomb d'Ambatofangehana, l'ont été pour le compte du Gouvernement malgache.

Dès 1884, en effet, le Gouvernement merina a fait étudier les ressources d'Ambatofangehana ainsi que celles d'Ambatofinandrahana, dans le but d'en extraire du cuivre et du plomb pour les besoins de la guerre, et peu après il a fait commencer les travaux. La méthode d'extraction du métal était primitive : au moyen du soufflet malgache à deux corps de pompe dont nous avons parlé plus haut, dans le paragraphe relatif au fer, on projetait la flamme sur un petit fourneau en argile contenant quelques kilogs de minerai qui fondait et s'écoulait par un tuyau; à Ambatofinandrahana il y avait une vingtaine de ces fourneaux en 1892. Peu après, pour augmenter le rendement, 1.500 corvéables ont apporté du minerai à Tananarive où on pouvait mieux le traiter; le plomb a été employé à faire les balles pour la guerre avec les Français; mais, depuis notre prise de possession, l'exploitation de ces minerais a été, on peut dire, abandonnée, puisque la production totale de cuivre, par exemple, n'a pas dépassé 8.000 kilogrammes de 1905 à 1914, mais on a exporté pendant ce temps de 8.000 à 9.000 kilogs de malachite.

1. Dans toute la région d'Antsirabé et dans le nord-ouest, aux environs d'Analalava.

2. Gisements de cinabre dans le Betsiriry.

3. Dans la région orientale, on trouve çà et là quelques grains de platine mélangés à la poudre d'or qui semblent provenir de la décomposition de filons de pegmatite.

4. En 1900, on a signalé de la galène argentifère dans le nord de Nosy-bé, puis, près d'Ambositra, de la cérusite légèrement argentifère et du chlorure d'argent à Ambatofangehana, enfin en 1910, de l'argent natif injectant de la barytine blanche, dont la teneur était en certains points très élevée (on en a tiré cette première année 26 kilogrammes, puis 5 en 1911 et rien de 1912 à 1914).

Quant au nickel, qu'on exploite seulement depuis 1911, sa production a monté de 400 kil. (en 1911) et 450 (en 1912) à 4.550 (en 1913) et 10.050 (pendant le 1er semestre de 1914).

L'existence d'argent à Madagascar n'a été authentiquement prouvée qu'en 1845, année où Laborde, accompagnant la reine Ranavalona dans son voyage à Manerinerina, trouva quelques morceaux de minerai au pied du Bongolava, à 1 mille au sud de Manjaray; il les montra au commandant en chef, qui lui dit de n'en parler à personne à cause des idées de la reine à ce sujet, et, les ayant rapportés à son usine de Soatsimanampiovana, il les fit fondre. Ce n'est qu'en 1900 et surtout en 1910 qu'on en a découvert dans le nord.

Dès 1869, M. A. Grandidier a rapporté des environs d'Antsirabé un échantillon d'uranite auquel M. Jeannetaz a trouvé la même composition et les mêmes caractères optiques qu'à celle d'Autun. M. Lacroix a étudié cette même uranite ainsi que les niobotitanates uranifères radioactifs provenant des pegmatites décomposées d'Ambolotara, près de Betafo. En 1909, près d'Antsirabé, la Société des pierres et métaux a établi une usine d'enrichissement des minerais radifères de cette région provenant de la désagrégation de l'uranite ou phosphate d'urane qui existe dans les pegmatites de son gisement de la Manandona. D'après le chef du laboratoire de Chimie minérale de Tananarive, M. Pétré, la teneur de ces terres en oxyde salin d'urane varie de 0,1 à 0,8 %, teneur excessivement faible.

L'exploitation des minerais uranifères et radifères a été, en 1909, de 500 kilogrammes, en 1910 de 2.491, en 1911 de 29.124, en 1912 de 849 et en 1913 de 5.103.

Dans une seconde partie, nous traiterons des richesses minérales non métalliques de Madagascar.

G. Grandidier

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences physiques

Bragg (W. H.), *F. R. S., Professeur de Physique à l'Université de Leeds*, et **Bragg** (W. L.), *Fellow de Trinity College, Cambridge.* — **X Rays and Crystal Structure** (Rayons X et structure cristalline). — *1 vol. in-8° de 229 p. avec 75 fig. (Prix relié : 7 sh. 6 d.). G. Bell and Sons, Ltd., éditeurs, Londres*, 1915.

Il y a trois ans que Laue concevait l'idée d'employer un cristal comme « réseau de diffraction spatial » pour les rayons X[1]. L'heureuse réalisation de cette conception par Friedrich et Knipping a ouvert un champ étendu de recherches, où ont été obtenus déjà des résultats de première importance. D'une part, l'analyse des rayons X ainsi rendue possible a permis de fixer définitivement leur nature ondulatoire et leur longueur d'onde et a conduit à des conclusions nouvelles sur les atomes qui les émettent sous un stimulus approprié. D'autre part, l'architecture interne des cristaux est devenue accessible à l'investigation et on est arrivé dans de nombreux cas à une connaissance exacte de l'arrangement des atomes à l'intérieur des cristaux.

Parmi les savants qui ont travaillé avec le plus de fruits dans ce nouveau champ de recherches, MM. W. H. et W. L. Bragg figurent au premier plan. Dans ce livre, ils ont voulu donner un résumé des principaux résultats acquis par eux et par quelques autres expérimentateurs.

Après une courte introduction consacrée aux idées qui régnaient jusqu'à présent sur les rayons X, les auteurs exposent les expériences de diffraction par les lames cristallines entreprises sur les indications de Laue, avec la théorie que ce dernier en a donnée, et d'autre part l'explication beaucoup plus simple, due à W. L. Bragg, qui repose sur la réflexion de ces rayons par les plans réticulaires à l'intérieur du cristal et qui l'a conduit à la formule très simple $n\lambda = 2\,d \sin\theta$, qui relie la longueur d'onde λ, la distance d des plans réticulaires et l'angle d'incidence θ des rayons. Cette théorie a conduit à la construction du spectromètre à rayons X, dont les auteurs décrivent en détail la disposition et les modes de fonctionnement.

Après avoir rappelé les plus récentes recherches sur les rayons X antérieures à la découverte de Laue, en particulier celles de Barkla et de ses collaborateurs qui ont mis en évidence l'existence, dans les faisceaux des tubes à vide, de radiations caractéristiques appartenant à deux séries K et L définies par leur coefficient d'absorption dans l'aluminium, MM. Bragg indiquent les principaux résultats auxquels a conduit l'étude des spectres de rayons X obtenus par réflexion cristalline. Les radiations caractéristiques des éléments, à la fois des séries K et L, ont été décomposées généralement en deux, quelquefois en trois radiations homogènes, de longueurs d'onde bien définies. Les fréquences de ces radiations présentent une relation étroite avec une nouvelle quantité, le *nombre atomique*, qui représente (à 2 ou 3 exceptions près) la place des éléments dans la classification périodique. Ces résultats ont permis de vérifier certaines conséquences importantes des théories de Rutherford sur la structure de l'atome, de Bohr sur la fréquence des lignes spectrales émises par un atome donné et de Planck sur le quantum d'énergie. A ces recherches sur les spectres des rayons X s'attache surtout le nom du jeune physicien anglais Moseley, récemment tombé au champ d'honneur dans la péninsule de Gallipoli.

Les autres chapitres de l'ouvrage de MM. Bragg sont consacrés à l'analyse de la structure des cristaux d'après les phénomènes de diffraction ou de réflexion des rayons X auxquels ils donnent lieu. L'étude des photographies obtenues par la méthode de Laue renseigne sur la symétrie générale du milieu cristallin et sur la position et la nature, simple ou composée, des divers plans réticulaires ; mais il semble que son champ d'application soit restreint aux cristaux de structure assez simple. L'examen des spectres fournis par la méthode des Bragg permet d'entrer plus avant dans l'interprétation de la structure cristalline, qui se révèle dans la distribution et l'intensité des lignes de divers ordres du spectre ; les données obtenues permettent le calcul facile des distances entre les plans réticulaires et des dimensions du réseau. Les auteurs ont ainsi élucidé la structure d'un certain nombre de cristaux, parmi lesquels les halogénures alcalins, la blende, le diamant, le spath fluor, la calcite et les carbonates isomorphes, la pyrite de fer, le quartz, le soufre, etc.

Cet ouvrage, bien qu'il expose surtout les recherches et les idées personnelles des auteurs, et que beaucoup d'autres travaux sur les mêmes questions y soient à peine mentionnés ou omis, sera cependant lu avec grand intérêt par ceux qui désirent s'initier aux nouveaux développements de ces deux chapitres de la science autrefois sans aucun rapport : les rayons X et la structure cristalline.

Louis Brunet.

1. L. Brunet : La nature des rayons X et la structure réticulaire des corps cristallisés. *Rev. gén. des Sc.* du 15 février 1913, t. XXIV, p. 101-103.

Spencer (L.-J.), *F. G. S.* — **Données numériques de Cristallographie et de Minéralogie** *(Extrait du Tome III* (1912) *des Tables annuelles de constantes et données numériques). — 1 vol in-4° de* VIII-22 *p. (Prix cart. : 4 fr.). Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris*, 1914.

La *Revue* a déjà signalé l'apparition de fascicules extraits des Tables annuelles de Constantes et Données numériques et consacrés chacun à une branche particulière de la science, ce qui rend plus facilement accessible ce vaste recueil aux savants qui s'intéressent à une spécialité bien définie. Le présent fascicule, correspondant à la Minéralogie, renferme toutes les données nouvelles sur la composition chimique, sur les propriétés cristallographiques, optiques, thermiques, électriques, sur la dureté, la densité, les chaleurs spécifiques, les températures de fusion, de transformation, etc..., des minéraux existant dans la nature et aussi des innombrables composés, minéraux ou organiques, préparés dans les laboratoires.

2° Sciences naturelles

Niox (Général), *Directeur du Musée de l'Armée.* — **Géographie militaire. Les Pays balkaniques** (3e édition). — *1 vol. in-12 de 188 p. (Prix : 2 fr. 50). Librairie Delagrave, Paris*, 1915.

Les pays balkaniques auront joué dans la conflagration européenne actuelle un rôle si important et leur politique aura eu une telle influence sur la marche des événements, que l'on sent aujourd'hui partout le besoin de s'instruire davantage sur la géographie de ces contrées et de mieux connaître le caractère, les mœurs et les aspirations des peuples si divers qui y vivent. Pour cette étude, un guide précieux par sa clarté, par sa précision, par la sûreté des données scientifiques est, au premier chef, le volume que vient de faire paraître le général Niox : *Les Pays balkaniques*. Les travaux géographiques du général Niox jouissent d'une haute

notoriété, son *Grand Atlas de Géographie générale* est universellement estimé, les volumes de *Géographie militaire* qu'il a publiés de 1887 à 1897 et dont il a donné plusieurs éditions ultérieures, ont eu un grand et légitime succès. C'est dire toute la valeur de l'ouvrage que nous signalons.

Il embrasse comme sujet la seconde partie du tome IV des volumes de *Géographie militaire*, Autriche-Hongrie et Péninsule des Balkans, mais elle a été entièrement remaniée et mise à jour, de sorte que c'est en réalité un livre nouveau où l'auteur a développé et mis en relief tous les points qui peuvent éclairer les événements du jour. Avec juste raison, il a compris dans son étude la Transylvanie et la Roumanie, pays qui n'appartiennent pas à la Péninsule des Balkans, mais dont l'histoire est intimement liée à celle des peuples balkaniques.

Une esquisse ethnographique nous montre d'abord ce que sont ces populations aux groupements difficiles à limiter et appartenant à plusieurs races nettement distinctes ; une esquisse historique nous retrace ensuite la conquête de la Péninsule par les Turcs, point de départ des soulèvements et des guerres qui ont rempli l'histoire des Balkans pendant tout le XIXe siècle. Puis l'auteur décrit en détail chacun des Etats qui sont comme les « compartiments géographiques » où ces populations se sont groupées. Tous les développements de géographie physique et d'ethnographie qu'il présente expliquent admirablement les répartitions successives de ces populations dans la Péninsule, l'évolution et les progrès des divers Etats, et par là même leur histoire, leurs intérêts politiques et économiques, leurs conflits et leurs luttes qui sont loin d'avoir pris fin.

On peut aisément se rendre compte à la lecture de ce livre comment il se fait que, dans cette Péninsule coupée d'un massif montagneux, centre de divergence des eaux, les peuples, de race si différente, opposés par leur mentalité et leurs tendances, aux ambitions rivales, qui s'y sont rencontrés, heurtés et plus ou moins pénétrés ou soumis les uns aux autres, n'ont pu arriver encore à apaiser leurs querelles et à s'établir chacun sur un domaine définitif.

G. Regelsperger.

3e Sciences diverses

Olphe-Gaillard (G.). — **La Force motrice au point de vue économique et social.** — *1 vol. in-8° de 305 pages de la collection des* Etudes économiques et sociales. (*Prix 7 fr.*). *M. Giard et E. Brière, éditeurs, 16, rue Soufflot, Paris,* 1915.

Dans cet ouvrage, l'auteur a esquissé une histoire économique et sociale de la force motrice, sous les diverses formes où elle a été successivement mise en jeu : force animale, force hydraulique, vapeur, moteurs à gaz divers, force électrique. Il étudie le rôle qu'elles ont joué dans le développement de certaines industries : transports, métallurgie, textiles, leur prix de revient, leurs avantages et leurs inconvénients. Les chapitres consacrés à l'électricité, en particulier, constituent une importante partie du livre. Après avoir étudié les conditions de sa production par les moteurs thermiques et par les chutes d'eau, M. Olphe-Gaillard examine ses principaux emplois, qui sont l'éclairage, la traction et les industries métallurgiques et chimiques, ainsi que son introduction dans certaines industries à domicile, comme la rubanerie et le tissage de la soie, et dans les travaux agricoles.

Les conclusions de l'auteur sont tout particulièrement intéressantes à retenir. Quel a été le rôle joué par la force motrice dans l'avènement de la grande industrie, le développement des transports et la révolution introduite dans le régime économique et dans les mœurs des sociétés modernes? M. Olphe-Gaillard estime que la force motrice est non pas une cause directe et première, mais un moyen secondaire, à influence plus ou moins profonde. Le facteur primordial des transformations ci-dessus est d'ordre économique, et non technique : « C'est l'extension des débouchés, tenant elle-même à un ensemble complexe de relations sociales, et la concurrence qui en est résultée parmi les producteurs, qui ont rendu nécessaire l'emploi de procédés rapides et économiques de fabrication. Telle est la véritable cause de la concentration industrielle... qui n'a pas attendu l'emploi de la force mécanique pour se réaliser sous la forme de la manufacture. »

En ce qui concerne spécialement le développement de la force électrique, sur lequel on a fondé tant d'espoirs et de théories : fin de l'usine agglomérée, remplacée par l'atelier de famille, d'où fin des grands centres de populations ouvrières, disparition des grèves, etc. ; accroissement de l'hygiène et du bien-être ; déplacement de la richesse et de la puissance des pays qui possèdent les mines de charbon à ceux qui sont riches en force hydraulique, l'auteur, se basant sur l'observation exclusive des faits, arrive à des conclusions bien différentes :

« Dans aucun pays et dans aucune branche de l'industrie, la houille blanche n'a, jusqu'à ce jour, chassé la houille noire de son domaine d'utilisation. La grande métallurgie, qui est l'une des industries où le concours de l'énergie électrique paraît avoir le plus d'avenir, continuera à employer le charbon, en utilisant les gaz des hauts-fourneaux à la production de l'électricité, au lieu d'émigrer vers des régions peu accessibles où elle serait privée des facilités de transport qui lui sont indispensables. Pour ce même motif, les industries susceptibles d'un grand développement grâce à l'énergie électrique à très bas prix, comme les industries électrochimiques, ne pourront recevoir cette extension dans une mesure capable de modifier l'état social ou le régime industriel que dans les pays qui, comme la péninsule scandinave, sont particulièrement avantagés au point de vue des transports comme à celui de la force hydraulique. En l'absence de ces conditions, le développement de ces industries dans les régions de hautes chutes restera toujours limité. »

« En ce qui concerne les industries dont certaines causes particulières, d'ordre commercial, ont retardé l'évolution vers le régime de l'usine, la force électrique, malgré les facilités de son transport et de son morcellement, qui lui permettent d'alimenter d'une façon pratique les petits moteurs à domicile, n'a pas contribué à empêcher la fatalité de cette évolution. C'est principalement la production d'articles dont le marché variable dépend de la mode, ou de ceux dont la fabrication comporte une part importante du travail manuel, qui fait l'objet de ces industries. L'avantage de l'usine, qui consiste non seulement dans l'outillage mécanique, mais peut-être plus encore dans la division du travail et la concentration d'une production régulière et économique, devait s'étendre à ces industries comme aux autres, dans la mesure où la régularité croissante de leurs marchés supprimait l'utilité du petit atelier. Le moteur à domicile ne constituait donc aucun avantage pour ce dernier, qui n'en retirait d'autre bienfait que la suppression de l'effort physique et l'amélioration de l'hygiène : son résultat économique a été, au contraire, la surproduction, qui, dans des industries déjà en voie de décadence, ne pouvait qu'accentuer la crise. Dans la petite industrie, le seul rôle utile et fécond que puisse jouer le moteur électrique consiste à accroître la puissance et l'économie de production des artisans encore placés par les conditions de leur clientèle en dehors du domaine de la production centralisée. »

Tous ceux qui s'intéressent aux questions à la fois industrielles, économiques et sociales liront avec fruit l'ouvrage de M. Olphe-Gaillard, auquel l'Académie des Sciences morales et politiques a d'ailleurs décerné l'une de ses récompenses.

L. B.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 11 Octobre 1915

M. le Président annonce la mort de MM. **Ed. Prillieux**, membre de la Section de Botanique, et **Ph. Hatt**, membre de la Section de Géographie et Navigation.

1° Sciences mathématiques. — M. **L. Lecornu** : *Sur le flambement d'une tige courbe.* Pour une tige mince, de longueur l, ayant ses extrémités fixes et possédant partout la courbure $1/R$, la pression capable d'amener le flambement est $\frac{EI}{R^3}\left(\frac{4\pi^2R^2}{l^2}-1\right)$ tant que l n'atteint pas une circonférence complète (E étant le coefficient d'élasticité et I le moment d'inertie de la section droite). Cette limite tend vers zéro pour $l = 2\pi R$; mais en même temps la variation de courbure, dans la déformation correspondante, s'atténue de plus en plus, en sorte que, pour l'anneau fermé, il ne subsiste qu'une rotation sans flambement; pour obtenir réellement le flambement de cet anneau, il faut pousser la pression jusqu'à la valeur $3\,EI/R^3$. — M. **H. Arctowski** : *Sur les facules solaires.* L'auteur a comparé les surfaces des taches et des facules solaires par groupes de 30 jours dans les observations héliographiques de Greenwich. Les valeurs moyennes des taches diminuent jusqu'au 9e jour après le jour du maximum, puis augmentent jusqu'au 14e jour, diminuent de nouveau et finalement, après le 20e jour, augmentent vers le maximum correspondant à la rotation complète du Soleil. La courbe des facules est assez irrégulière. Elle présente un premier maximum le 1er jour, c'est-à-dire le jour du maximum de taches, puis un second maximum le 7e jour et un troisième le 18e jour. Si le 2e et le 3e maximum correspondent au 1er et au 2e maximum de taches, il y aurait un retard de 6 jours dans le premier cas et seulement de 3 dans le second. Quoi qu'il en soit, l'auteur considère le phénomène de la variation de fréquence des taches solaires comme n'étant qu'une manifestation subordonnée du phénomène de variation des facules.

2° Sciences naturelles. — M. **E. Demoussy** : *Sur la localisation des acides et des sucres dans les fruits charnus.* L'auteur a reconnu que la composition des fruits varie d'un point à l'autre de leur masse. Quand on extrait le jus des fruits, les cellules qui se vident les premières, c'est-à-dire celles qui présentent la moindre résistance mécanique et la plus grande perméabilité, n'ont pas la même composition que celles qui fournissent les derniers liquides. Leur différence de constitution physique est accompagnée d'une différence de composition chimique de leur contenu; il y a localisation. Par contre, il y a équilibre osmotique dans toutes les portions du fruit. — M. **P. Lesage** : *Plantes salées et transmissibilité des caractères acquis.* Les plantes issues de graines provenant de plantes salées, arrosées à l'eau salée, présentent les caractères de ces plantes salées; en est-il encore de même lorsqu'on arrose ces plantes à l'eau douce? Les expériences de l'auteur permettent de répondre affirmativement à la question, sans qu'on puisse encore prétendre qu'il s'agit là de transmissibilité des caractères acquis.

Séance du 18 Octobre 1915

M. le Président annonce le décès de MM. **Gaston Vasseur** et **Henri Fabre**, correspondants de l'Académie.

1° Sciences mathématiques. — M. **L. Fabry** et **H. Blondel** : *Sur l'identité de la nouvelle planète Comas Sola avec (193) Ambrosie.* Les auteurs ont calculé l'orbite de la nouvelle planète signalée récemment par M. Comas Sola et l'ont comparée avec le catalogue des orbites connues. Les éléments obtenus sont presque identiques à ceux de (193) Ambrosie, planète découverte en 1879 par M. Coggia et qui n'avait pas été revue. — M. **J. Dejust** : *Sur l'emploi du tube de Venturi pour la mesure directe du débit d'une conduite.* La méthode de l'auteur, qui consiste à placer, sur une dérivation établie entre la section d'entrée et la section étranglée du tube de Venturi, un compteur ordinaire et un diaphragme percé d'un orifice, a le grand avantage de ne nécessiter que l'emploi d'un compteur de calibre beaucoup plus faible que celui de la conduite. Le rapport ρ entre le débit de la conduite et celui de la dérivation est pratiquement constant.

2° Sciences physiques. — M. **Albert Colson** : *Des chaleurs de saturation de quelques sels alcalins.* L'auteur a déterminé les chaleurs de saturation du nitrate de potasse, du chlorure de potassium et du chlorure d'ammonium, entre 5° et 21°. Elles varient au moins de 7 %. Ces variations sont toutefois moindres que celles des chaleurs de dissolution à l'état permanent, c'est-à-dire au moment où ces dernières deviennent indépendantes de la dilution à température fixe, et c'est à tort que l'on considère comme des *constantes* les chaleurs de dissolution des Tables thermochimiques. — M. **M. Drapier** : *Application de la cryoscopie à l'analyse chimique.* L'auteur a reconnu que la cryoscopie peut rendre de grands services pour le dosage d'un corps organique dans les mélanges complexes que nous offrent en général la nature et l'industrie. Il envisage les deux cas d'un mélange binaire et d'un mélange plus complexe et donne une solution théorique du problème. Les vérifications expérimentales qu'il a faites jusqu'ici de sa méthode ont donné des résultats très encourageants. — MM. **Em. Bourquelot** et **A. Aubry** : *De l'activité, au cours de la synthèse biochimique des alcoolglucosides β par la glucosidase β, des autres ferments qui l'accompagnent dans l'émulsine.* Les auteurs ont reconnu que les hexobiases qui accompagnent la glucosidase β dans l'émulsine doivent, concurremment avec ce dernier ferment, exercer leur action spécifique dans les solutions de glucose dans les alcools avec formation d'hexobioses. L'importance de cette action dépend des proportions réciproques de l'eau et du glucose qui entrent dans la composition de ces solutions, l'alcool étant sans influence sur l'équilibre à atteindre.

3° Sciences naturelles. — M. **F. d'Hérelle** : *Sur le procédé biologique de destruction des sauterelles.* La destruction des sauterelles par le coccobacille présente quelques difficultés par suite de l'atténuation rapide de la virulence du microbe et de la nécessité de faire des passages constants de sauterelle à sauterelle pour exalter la virulence. L'auteur a reconnu que les cadavres desséchés de sauterelles mortes de la maladie depuis un temps allant jusqu'à 2 ans renferment des coccobacilles toujours vivants et aussi virulents que les cultures fraîches. Il suffit de réduire les cadavres en poudre, puis de délayer la poudre dans un bouillon stérile et d'isoler le coccobacille spécifique sur gélose par les procédés ordinaires pour avoir un virus prêt à servir. — MM. **E. Aubel** et **H. Colin** : *Réaction du milieu et filtration des toxines.* La filtration des toxines est fonction de la réaction du milieu : tandis qu'en milieu alcalin, les toxines filtrent bien, en milieu acide elles sont arrêtées en grande partie par le filtre. Les extraits en milieu alcalin sont plus actifs que les extraits en milieu neutre ou acide. La pauvreté en toxine des bouillons de culture acide résulte partiellement des difficultés de filtration en milieu acide. — M. **A. Guilliermond** : *Quelques observations cytologiques*

sur le mode de formation des pigments anthocyaniques dans les fleurs. L'auteur montre que l'anthocyane se forme dans les fleurs exactement comme dans les feuilles, c'est-à-dire aux dépens des mitochondries. — MM. **G. Rivière** et **G. Bailhache** : *L'Amygdalopersica Formonti L. Daniel.* Cet hybride de greffe s'est constitué, en 1908, par le développement de plusieurs pousses d'amandier sur le tronc et les branches de charpente de deux vieux pêchers, dirigés en espalier et greffés en écusson et en pied sur des sujets d'amandier. Ces pousses, devenues très fortes, ont montré depuis lors chaque année de nombreuses fleurs d'amandier qui, cette année, ont donné naissance à trois amandes, dont deux, arrivées à maturité, présentèrent un péricarpe vert pubescent, charnu, mais coriace. — MM. **Th. Guilloz** et **E. Stock** : *Sur un compas pour la recherche des projectiles* (voir p. 472).

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 9 Octobre 1915

M. Ed. Retterer : *Des hématies du chien.* L'hématie du chien a 5μ en moyenne ; elle est sphérique ou hémisphérique et se compose d'un croissant hémoglobique et d'un ménisque peu hémoglobique ou anhémoglobique. En perdant son ménisque anhémoglobique, elle devient bi-concave ou cupuliforme. — MM. **Ed. Retterer** et **H. Neuville** : *Des hématies de l'éléphant, du chameau et du lama.* Malgré leur configuration particulière, la structure de ces hématies est la même que celle des autres mammifères; elles sont, en effet, composées : 1° d'une portion hémoglobique occupant le centre de l'élément; 2° d'une zone anhémoglobique qui se renfle sur l'une des faces en un ménisque; 3° d'un contour net hématoxylinophile simulant une membrane limitante. — M. **A. Netter** : *Un cas de maladie sérique après injection de sérum humain dans le canal rachidien.* L'auteur, ayant pratiqué des injections de sérum humain dans le canal rachidien chez un enfant atteint de poliomyélite, a vu survenir des accidents analogues à ceux de la maladie sérique. On croyait généralement que celle-ci ne se produit qu'à la suite d'injections de sérum hétérologue ; il est prouvé maintenant que l'éruption sérique peut succéder à des injections de sérum homologue. — MM. **M. Weinberg** et **P. Séguin** : *Le B. œdematiens et la gangrène gazeuse.* Les auteurs ont trouvé dans de nombreux cas de gangrène gazeuse des bacilles spéciaux, différents du vibrion septique, dont l'un a été désigné sous le nom de *B. œdematiens.* Ce microbe est un anaérobie strict. Il tue tous les animaux de laboratoire en produisant au point d'inoculation un œdème considérable, avec de rares bulles de gaz. Des lapins préparés, les uns avec les corps microbiens de ce bacille, les autres avec sa toxine, ont fourni des sérums spécifiques agglutinants et antitoxiques. — MM. **A. Ch. Hollande** et **J. Gaté** : *Albuminurie pathologique et albuminurie simulée par injection intravésicale d'ovalbumine.* Les auteurs signalent chez certains soldats une simulation de l'albuminurie pathologique par l'injection d'ovalbumine dans la vessie. La présence de l'ovalbumine dans l'urine humaine peut être facilement décélée par le liquide de Maurel et les réactions des précipitines, ainsi que par l'examen macro- et microscopique de l'urine. En outre, la disparition rapide (de 2 à 4 jours) de l'albumine des urines chez le sujet mis en observation ou soumis à un lavage de vessie vient confirmer les résultats de l'analyse. — M. **J. Camus** : *Présentation d'un dynamo-ergographe général.* Cet appareil a pour but l'étude des mouvements élémentaires des membres tels que la pression de la main, l'extension et la flexion du membre supérieur et du membre inférieur, de façon à juger de la capacité ou de l'incapacité générale de travail d'un membre malade. Cet appareil est destiné à servir aux blessés de la guerre, afin de permettre : 1° d'établir les qualités des mouvements des membres, leur force, leur rapidité, leur amplitude, leur travail, leur fatigabilité ; 2° de suivre les progrès réalisés au cours du traitement; 3° de dépister les simulateurs; 4° d'évaluer l'incapacité de travail pour les gratifications et les pensions. — MM. **V. Riche** et **J. Arrous** : *Novocaïne et novine. Recherches expérimentales de toxicité.* La découverte de la novocaïne a fait de la rachi-anesthésie une opération sans danger. Les auteurs ont recherché si l'on ne pourrait remplacer ce produit, d'origine allemande, par un produit français de même valeur. Ils montrent que la novine possède les mêmes propriétés anesthésiques et la même toxicité que la novocaïne.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 29 Mai 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **Jan de Vries** : *Congruences bilinéaires de courbes gauches déterminées par des réseaux de surfaces cubiques.* — MM. Jan de Vries et W. Kapteyn présentent un travail de M. **Chr. H. van Os** : *Points conjugués d'un complexe de surfaces quadratiques.*

2° Sciences physiques. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **P. Ehrenfest** : *Remarque sur la théorie capillaire de la forme cristalline.* Illustration de la théorie énergétique de Gibbs et Curie au moyen d'un schéma moléculaire simplifié ; dans ce schéma, l'énergie superficielle est une fonction continue de l'orientation de la surface. La forme sous laquelle, à volume donné, l'énergie superficielle est un minimum (condition d'équilibre) est un polyèdre. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **G. J. Elias** : *Sur un théorème électromagnétique général et son application à l'état magnétique d'une barre de fer tordue.* Considérations théoriques à propos de l'observation de Wiedemann, d'après laquelle une tige de fer aimantée longitudinalement ou circulairement prend une aimantation circulaire ou longitudinale lorsqu'on la tord, alors qu'une tige qu'on aimante à la fois longitudinalement et circulairement se déforme en se tordant. — MM. H. A. Lorentz et F. A. H. Schreinemakers présentent un travail de M. **J. J. van Laar** : *Quelques remarques sur la pression osmotique.* Remarques critiques sur la note de M. Ehrenfest, communiquée dans la séance du mois de mars. — M. **P. Zeeman** : *Le coefficient d'entraînement de Fresnel pour diverses couleurs.* II. Répétition de l'expérience de Fizeau pour diverses couleurs et vérification de l'exactitude de la formule du coefficient d'entraînement. — M. H. A. Lorentz présente un travail de M. **W. Voigt** : *Sur la dispersion des effets magnéto-optiques de l'acier et du cobalt dans l'ultra-violet.* L'auteur tâche de tirer des données existantes quelques conclusions relatives au mécanisme des actions magnéto-optiques dans les métaux ferromagnétiques. — M. **F. A. H. Schreinemakers** : *Equilibres invariants, monovariants, et bivariants.* I. Considérations théoriques aboutissant aux conclusions suivantes : Si l'on connaît les compositions des phases qui coexistent en un point invariant et les variations d'entropie et de volume qui accompagnent les réactions, on peut déterminer dans un diagramme p, T les courbes partant de ce point et la distribution des champs bivariants. Dans tous les systèmes binaires, la distribution et la situation relative des courbes et champs, partant d'un point quadruple, sont toujours les mêmes. — M. **F. A. H. Schreinemakers** et Mlle **W. C. de Baat** : *Combinaisons de l'anhydride arsénieux.* II. Examen des systèmes ternaires H^2O — As^2O^3 — KCl, H^2O — As^2O^3 — NH^4Cl et H^2O — As^2O^3 — Na Cl à 30°. Il se forme des combinaisons additionnelles de l'anhydride arsénieux et du sel haloïde. — MM. S. Hoogewerff et F. A. H. Schreinemakers présentent un travail de MM. **W. Reinders** et **F. Goudriaan** : *Sur des équilibres dans le système Cu-S-O ; le processus de réaction du grillage du cuivre.* — M. **J. P. van der Stok** : *La relation entre les conditions météorologiques dans les Pays-Bas et des localités voisines. Pression atmosphérique.*

3° Sciences naturelles. — M. **L. Bolk**: *La dentition des Marsupiaux dans ses rapports avec celle des Reptiles et des Monodelphes.* I. Dans ce travail, l'auteur s'est efforcé de prouver que, dans son développement et sa constitution, la dentition des Marsupiaux présente encore des relations avec celle des Reptiles. Elle est, d'ailleurs, intermédiaire entre celle des Reptiles et des Mammifères monodelphes. — MM. L. Bolk et J. Boeke présentent un travail de M. **J. A. J. Barge** : *Sur la signification métamérologique de la limite cranio-vertébrale.* Dans la question du développement de la colonne vertébrale et du crâne, deux problèmes ont spécialement attiré l'attention : la réarticulation de la colonne vertébrale et la métamérie du crâne Bien que ces problèmes aient été étudiés en détail, les deux idées fondamentales qui ont dirigé les recherches ont toujours été traitées séparément. C'est là-dessus que l'auteur attire l'attention et il montre que par là la signification de faits importants a passé inaperçue. — MM. Max Weber et L. Bolk présentent un travail de M. **K. Kuiper Jr.** : *La physiologie de la vessie natatoire des poissons.* III. Etude du rôle du conduit pneumatique des Physostomes. — MM. J. K. A. Wertheim Salomonson et G. van Rynberk présentent un travail de M. **S. de Boer** : *Sur le rythme cardiaque.* IV. *Alternance du cœur.* Expériences faites sur des cœurs de grenouille isolés et montrant l'activité alternante de cet organe. — MM. **W. Einthoven, F. L. Bergansius** et **J. Bytel** : *Sur l'enregistrement simultané de phénomènes électriques à l'aide de deux ou plusieurs galvanomètres et son application à l'électro-cardiographie.* Examen de la question de savoir comment on doit régler les sensibilités de trois galvanomètres, afin qu'ils enregistrent simultanément des courbes telles que les centimètres en ordonnées représentent toujours en millivolts les variations de potentiel entre deux points de dérivation du corps. — M. **C. E. A. Wichmann** : *Sur la phosphorite de l'île Ajawi.* Description du minéral et examen de son mode de formation.

Séance du 26 Juin 1915

1° Sciences physiques. — M. **J. P. Van der Stok** : *La relation entre les conditions météorologiques dans les Pays-Bas et les localités voisines. Différences de pression atmosphérique et vent.* — M. **P. Zeeman** : *Le passage de la lumière par la fente d'un spectroscope.* Mesures relatives à la polarisation qui se produit dans le passage de la lumière par une fente étroite. — MM. H. A. Lorentz et P. Zeeman présentent un travail de M. **H. K. de Haas** : *Une confirmation du principe de la relativité.* Considérations relatives à des recherches, à résultat négatif, concernant la question de savoir s'il existe une vitesse de propagation de la gravitation; ces considérations vérifient un des théorèmes fondamentaux de la théorie de la relativité, avec une précision plus grande que ne le permettent des mesures d'optique. — MM. **Ernst Cohen** et **W. D. Helderman** : *La thermodynamique des éléments normaux. VII. La thermodynamique de l'élément Weston.* De nouveaux calculs établissent l'accord entre les valeurs de l'énergie chimique de l'élément normal déduites d'une part de données thermiques, d'autre part de données électriques. — MM. J. D. van der Waals et P. Zeeman présentent deux travaux de M. **A. Smits** : *Allotropie moléculaire et allotropie de phase en Chimie organique.* C'est surtout dans le domaine de la Chimie organique que l'existence d'une allotropie moléculaire peut être démontrée; l'auteur pense que l'explication en doit être cherchée dans le fait que la vitesse de transformation d'une espèce de molécules en une autre est beaucoup plus faible en Chimie organique qu'en Chimie inorganique. C'est donc dans ce domaine que l'auteur pense pouvoir le mieux contrôler sa théorie de l'allotropie et il donne un aperçu du vaste champ d'études qui s'ouvre à ce sujet. — *La contradiction apparente entre la théorie et la pratique dans la cristallisation de substances allotropiques hors de divers solvants.* La théorie de l'équilibre chimique apprend que le sens de l'isomérisation doit être indépendant de la nature du solvant, ce qui semble être contredit par l'expérience. D'après l'auteur, cette contradiction n'est qu'apparente et réside dans une fausse interprétation des résultats théoriques. — MM. A. F. Holleman et J. D. van der Waals présentent un travail de M. **F. E. Scheffer** : *Sur l'allotropie des sels haloïdes d'ammonium.* I. Détermination du point de transformation du chlorure d'ammonium, par mesures de solubilité et à l'aide de catalysateurs; cette température est 184°,5. L'allotropie du chlorure d'ammonium peut se démontrer par cristallisation, en employant la glycérine comme solvant. — M. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **P. Weiss** et Mlle **E. D. Bruins** : *La susceptibilité magnétique et le nombre de magnétons du nickel en solution de ses sels.* Examen de la façon dont la susceptibilité magnétique du nickel en solution dépend de la concentration. Les recherches portèrent sur le sulfate, le chlorure et le nitrate en solution aqueuse; le nombre de magnétons est de 16 pour les trois sels. Ce nombre n'est pas modifié par l'addition d'acide sulfurique, mais est légèrement diminué par l'addition d'ammoniaque. La susceptibilité atomique du nickel en solution saline suit la loi de Curie. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **P. Weiss** et Mlle **C A. Frankamp** : *Examen magnéto-chimique de sels ferreux en solution.* Le nombre de magnétons du fer en solution de sulfate ferreux et de sulfate double ferro-ammoniacal est le même (26,5) et indépendant de la concentration. — MM. **H. Kamerlingh Onnes** et **W. H. Keesom** : *La chaleur spécifique à basse température. II. Mesures concernant la chaleur spécifique du cuivre entre 14° et 90° K.* — MM. **H. Kamerlingh Onnes, C. Dorsman** et **G. Holst** : *Isothermes de gaz diatomiques et de leurs mélanges binaires. XVII. Déterminations préliminaires relatives à l'isotherme de 20° C. de l'hydrogène entre 60 et 90 atm.* Pour la mesure des pressions, le manomètre ouvert en cascade, en usage au laboratoire de Leyde, fut complété de façon à permettre des lectures allant jusqu'à 100 atm. — MM. **H. Kamerlingh Onnes, C. A. Crommelin** et Mlle **E. J. Smid** : *Isothermes de gaz diatomiques et de leurs mélanges binaires.* XVIII. *L'isotherme de 20° C. de l'hydrogène de 60 à 100 atm.* — MM. H. Kamerlingh Onnes et J. P. Kuenen présentent un travail de M. **C. A. Crommelin** et Mlle **E. J. Smid** : *Comparaison d'un manomètre balance de Schäffer et Budenberg avec le manomètre étalon ouvert du Laboratoire de Physique de Leyde entre 20 et 100 atmosphères ; contribution à la théorie du manomètre balance de S. et B.* La sensibilité du manomètre-balance dépasse de beaucoup sa précision, qui doit être contrôlée au moyen d'un manomètre ouvert. — MM. **H. Kamerlingh Onnes** et **Sophus Weber** : *Nouvelles expériences avec l'hélium liquide. O. Sur la mesure de très basses températures.* XXV. *Sur la détermination des températures accessibles au moyen de l'hélium liquide, surtout au point de vue de la mesure de la tension de vapeur de l'hélium.* Mesures faites à l'aide d'un thermomètre à hélium, où la pression du gaz est mesurée au moyen d'un manomètre de Knudsen. — M. **H. Kamerlingh Onnes** : *Moyens et méthodes usités au laboratoire cryogénique.* XVI. *Le cycle du néon.* — MM. **H. Kamerlingh Onnes** et **C. A. Crommelin** : *Isothermes de gaz diatomiques et de leurs mélanges binaires.* XIX. *Isothermes du néon et déterminations préliminaires concernant l'état liquide du néon.* Isothermes de 20°, 0° et des températures voisines de — 200°. Tensions de vapeur, point d'ébullition, point triple, densités du liquide.

(A suivre.) J.-E. V.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 22 30 NOVEMBRE 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Les prix Nobel pour 1914 et 1915. — L'Académie des Sciences de Stockholm vient de décerner les Prix Nobel pour 1915, en même temps que ceux de 1914 au sujet desquels toute décision avait été ajournée jusqu'à présent par suite de la guerre.

Pour la Physique, le prix de 1914 est attribué à M. M. von Laue, professeur à l'Université de Francfort, et celui de 1915 à MM. W.-H. et W.-L. Bragg, professeurs l'un à l'University College de Londres, l'autre au Trinity College de Cambridge. Cette distinction est destinée à récompenser les travaux de ces trois auteurs sur la diffraction des rayons X par les milieux cristallisés, dont la Revue commence dans ce numéro même un exposé détaillé[1] et qui constitue l'une des découvertes capitales de la Physique en ces dernières années.

Pour la Chimie, le prix de 1914 est décerné à M. Th. W. Richards, professeur de Chimie à l'Université Harvard de Cambridge (Etats-Unis), l'un des chefs de l'Ecole physico-chimique américaine. Avec les ressources dont dispose son laboratoire et avec la collaboration des nombreux élèves qu'il a formés, il a entrepris, en particulier, une série de travaux sur la détermination et la revision des poids atomiques des éléments, dont les premiers remontent à une trentaine d'années et qui ont fixé ces constantes si importantes avec une précision qui n'avait pas été atteinte. — Le prix de 1915 est attribué à M. R. Willstaetter, professeur de Chimie à l'Université de Berlin, auteur d'un grand nombre de travaux de Chimie organique, en particulier sur les alcaloïdes et sur la chlorophylle, dont il a élucidé en grande partie la constitution[2].

§ 2. — Nécrologie

Ph. Hatt. — La mort a surpris en pleine activité d'esprit l'un des membres les plus éminents et les plus sympathiques du Corps des Ingénieurs Hydrographes, M. Ph. Hatt, membre de l'Institut et vice-président du Bureau des Longitudes.

Né à Strasbourg en 1840, il entra à l'Ecole Polytechnique en 1859 et en sortit élève ingénieur hydrographe. Il fut presque aussitôt envoyé en Egypte pour seconder M. Bouquet de la Grye, chargé de l'étude du port d'Alexandrie. Cette rencontre devait avoir sur la carrière scientifique du jeune ingénieur la plus heureuse influence, et dès cette époque commença entre ces deux savants une affectueuse collaboration.

M. Hatt fut ensuite envoyé en Cochinchine, où il fit de nombreuses reconnaissances. Pendant son séjour en Extrême-Orient, il observa avec l'astronome Stephan une éclipse de Soleil dans la presqu'île de Malacca.

Il fut chargé plus tard de diverses missions sur les côtes de la France, de l'Algérie et de l'Egypte. Il prit part en 1884 à l'observation du passage de Vénus sur le Soleil à l'Ile Campbell, puis en 1878 dans les Montagnes Rocheuses à celle du passage de Mercure, et il dirigea la mission du second passage de Vénus en 1882 dans l'Argentine. De 1884 à 1890, il prit la direction du levé des côtes de la Corse.

Tout en se livrant à ces importants travaux, Hatt a rédigé de nombreux mémoires scientifiques.

En Géodésie, ses études sur le tour d'horizon, sur les coordonnées rectangulaires, sur la méthode graphique dans le calcul des signaux, sur la compensation d'un réseau de triangles, sur les coordonnées azimutales, sont devenues classiques et ont contribué à simplifier et à rendre plus précises les méthodes en usage au Service Hydrographique de la Marine.

Dans ses ouvrages sur les marées, après avoir résumé la théorie de Laplace, il présente des aperçus ingénieux qui permettent de se faire une idée de la loi générale du phénomène, et qui servent d'introduction à l'étude empirique de la marée. Le premier en France, il a fait connaître les méthodes de l'analyse harmonique dont les principes ont été posés par Sir William Thomson, et il les a appliquées au calcul des Annuaires des marées des côtes de la France et de nos colonies.

Tous ces travaux avaient attiré sur lui l'attention de

1. L. BRUNET : Rayons X et structure cristalline, p. 645.
2. M. TSVETT : La chimie de la chlorophylle, *Revue gén. des Sc.* du 29 févr. 1912, p. 141.

l'Académie des Sciences, dont il fut nommé membre en 1897 à la place de d'Abadie. En 1912, il remplaçait Radau au Bureau des Longitudes.

Le 9 octobre dernier, il mourait subitement dans sa propriété de Guindalos aux environs de Pau.

Sa vie tout entière a été consacrée à la science et ses ouvrages sont parmi les plus importants de ceux qui ont paru depuis trente ans sur la géodésie et sur les marées.

J. Renaud,
Directeur du Service hydrographique.

Gaston Vasseur. — La science française vient de faire une perte sensible en la personne du géologue Gaston Vasseur, Correspondant de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, directeur du Musée d'Histoire naturelle de cette ville, collaborateur principal au Service de la Carte géologique de France.

Ce savant émérite est mort subitement le 9 octobre dernier, à l'âge de 60 ans. Né à Paris en 1855, Vasseur se passionna dès l'enfance pour la géologie. A 18 ans, il avait déjà fait d'intéressantes découvertes paléontologiques dignes d'être publiées, notamment ce remarquable exemplaire de *Palæotherium magnum* à peu près complet qu'il sauva de la pioche des terrassiers dans les carrières de Vitry, et qui orne aujourd'hui les galeries de Paléontologie du Muséum. Elève d'Hébert et de Munier-Chalmas, il fut bientôt un adepte fervent de la rigoureuse méthode de ces maîtres stratigraphes, qui ont donné tant d'éclat à la Géologie française. Ses premiers travaux, dans lesquels apparaît son talent d'observateur éminemment scrupuleux et minutieux, ont trait à des études détaillées de coupes géologiques relevées dans des tranchées de chemins de fer de la région parisienne.

Dès 1878, Hébert lui confia les fonctions de préparateur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris. En 1881, à 25 ans, il soutint sa thèse intitulée : *Recherches géologiques sur les terrains tertiaires de la France occidentale.* Dans ce travail devenu rapidement classique, impeccable par la méthode et la précision, Vasseur se révèle aussi fin analyste que judicieux et original dans la synthèse. Les nombreux gîtes fossilifères, découverts par lui en Bretagne lui ont permis d'établir un parallélisme rigoureux, terme à terme, entre les séries tertiaires de Bretagne et celles du Bassin de Paris et de la Gironde. Grâce à de consciencieux levés cartographiques, il a pu reconstituer la forme exacte des golfes éocènes et oligocènes (Rupélien) armoricains et démontrer qu'un bras de mer très important reliait la Manche à l'Atlantique pendant le Lutétien. Cet ouvrage fut couronné par l'Académie des Sciences et la Société géologique de France en 1882.

En 1886, il fut chargé des conférences de Paléontologie, puis d'un cours libre à la Faculté des Sciences de Paris. Il conserva ses fonctions jusqu'en 1888, année où il fut nommé professeur de Géologie et de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Marseille.

Durant cette période de 1881 à 1888, Vasseur, dont la prédilection pour la cartographie géologique s'est manifestée sans cesse, élabore avec le seul concours de son cousin, M. Carez, cette carte géologique de France au 500.000ᵉ aujourd'hui répandue dans tous les établissements d'enseignement supérieur et qui marque bien une étape dans l'histoire de la Géologie française.

L'activité scientifique de Vasseur s'est développée dans toute son ampleur à l'Université de Marseille. Il sut attirer et grouper autour de sa chaire, tant par le charme de son enseignement que par son affabilité naturelle, un choix d'élèves qu'il a associés à ses travaux.

Dès 1889, il avait accepté de Michel-Lévy cette tâche ardue de dresser pour le Service de la Carte géologique la carte au 80.000ᵉ du vaste bassin tertiaire d'Aquitaine. Pareille entreprise avait rebuté bien des géologues, en raison des incessants changements de faciès de nos terrains du Sud-Ouest, trop souvent dépourvus de restes paléontologiques. 18 feuilles de la carte au 80.000ᵉ ont été ainsi levées par lui et cinq ou six de ses élèves préférés. Mon maître est mort avec la satisfaction d'avoir vu à peu près terminée cette œuvre que d'aucuns taxent des plus ingrates et qui cependant, à juste titre, a fait la joie des plus belles années de son existence de savant. Les deux dernières feuilles qui restent à publier (Bergerac et Villeréal) sont actuellement à la gravure, et depuis deux ans nous procédions, en vue de l'établissement de la carte géologique au 320.000ᵉ, à la revision rapide des feuilles levées anciennement par Jacquot.

En 1901, l'Académie des Sciences récompensait l'infatigable et tenace géologue en lui accordant le prix Delesse pour le dur et fécond labeur qu'il accomplissait en Aquitaine ; en 1914, cette haute Assemblée lui témoignait une nouvelle marque de son estime en l'élisant membre correspondant.

Si nous regrettons tous que Vasseur disparaisse sans avoir écrit le mémoire d'ensemble qu'il se proposait de publier un jour sur cette remarquable région française, unique en Europe par la variété et l'étendue de ses formations lacustres, du moins, à côté de l'œuvre incomparable de cartographie qu'il laisse, nous a-t-il donné une série de notes explicatives des plus précieuses.

Dans ces nombreux documents, parus aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* ou dans le *Bulletin des Services de la Carte géologique de France*, l'âge des dépôts si variés de mollasses et de calcaires lacustres est sobrement discuté et établi sur les meilleures bases paléontologiques. Des tableaux synthétiques y mettent en lumière l'équivalence des divers termes de la série tertiaire du Sud-Ouest avec ceux du Nummulitique des Pyrénées et des Corbières, avec ceux de Provence et du Bassin de Paris. Je ne saurais omettre son travail sur le prolongement des poudingues dits de Palassou, dont il a suivi la trace jusque dans le Tarn, mettant ainsi en évidence comment ces dépôts détritiques marquent la première amorce du rivage oriental de l'isthme qui, lors de la surrection des Pyrénées, a séparé la mer d'Aquitaine de celle des régions méditerranéennes.

Les gisements de Vertébrés qu'il a découverts en Aquitaine sont légion. Les nombreuses pièces qu'il en a extraites avec un art et une habileté qu'il semblait tenir de son maître Munier-Chalmas ont été données par lui à la Faculté des Sciences de Marseille, où se trouve maintenant l'une des plus belles collections de Mammifères de notre sud-ouest.

Ses travaux sur le bassin d'Aix-en-Provence et les environs de Marseille ne sont pas moins intéressants; malheureusement cette partie de son œuvre est inachevée. On lui doit la découverte, dans le voisinage des Martigues, d'une flore turonienne, une coupe d'une extraordinaire minutie intéressant la série crétacée des bords de l'étang de Berre, où les niveaux à Rudistes ont été fidèlement distingués, une étude stratigraphique des formations tertiaires du bassin d'Aix, etc.

Au cours de ses explorations géologiques, qui ont occupé certainement plus de la moitié de sa vie, Vasseur a eu l'occasion de faire d'importantes découvertes touchant à la Préhistoire et à l'Archéologie. Parmi ses publications de cet ordre, je me bornerai à citer le beau mémoire de 290 pages in-4°, orné de 17 merveilleuses planches en couleurs, qu'il faisait paraître, quelques semaines avant sa mort, sous le titre : *Les origines de Marseille*. Le hasard l'ayant amené, il y a environ dix ans, dans le fort Saint-Jean, alors qu'on y creusait des puits pour les fondations de nouvelles constructions, il découvrit, dans les déblais, des débris de poteries grecques qu'il soumit à l'examen de M. Pottier, l'un des éminents conservateurs du Musée du Louvre. Sur les conseils de ce savant, il surveilla les forages du Fort Saint-Jean et avec une patience sans égale passa au tamis une grande partie des terres de déblaiement pour en sauver les précieux documents qui s'y trouvaient. Les résultats qu'il obtint, complétés par une minutieuse étude stratigraphique des terrains fouillés, lui ont

permis de conclure que Marseille a une origine plus ancienne qu'on ne l'avait toujours pensé.

La preuve en est faite par les nombreux débris de poteries peintes ioniennes du VIIe siècle avant notre ère mises à jour par le regretté professeur et qui démontrent que, près d'un siècle avant l'établissements des premiers colons phocéens, Marseille eut pour berceau des comptoirs fondés par des navigateurs ioniens.

Le temps qu'il consacrait à ces recherches, s'il n'a pas été tout à fait en pure perte pour la Géologie, retardait le moment où il devait s'adonner tout entier à la rédaction de son mémoire sur l'Aquitaine. Hélas ! ce moment n'est pas venu... qu'importe ! La vie de ce laborieux naturaliste a été féconde pour la science, pour le beau renom de son pays qu'il aimait par-dessus tout. C'est une grande et originale personnalité qui disparaît du monde des géologues français dans une auréole d'une rare probité scientifique.

J. Blayac,
Chef des Travaux pratiques
de Géologie à la Sorbonne.

§ 3. — Electricité industrielle

Les progrès de l'électrification des chemins de fer. — L'électrification des voies ferrées se poursuit, en Amérique, avec une activité que justifient amplement les avantages du nouveau mode de traction. La locomotive à vapeur, malgré le poids énorme de sa chaudière, n'a qu'une adhérence souvent insuffisante, surtout aux démarrages; les saccades imprimées aux roues par le va-et-vient des bielles les prédisposent au patinage, et ce défaut limite aussi la vitesse, qui n'est accrue qu'en proportion du diamètre donné aux roues motrices. Le tracteur électrique, lui, doit à la régularité du couple rotatif qui l'entraîne la suppression des à-coups et des mouvements de lacet. Il acquiert facilement une grande rapidité, sans qu'il soit nécessaire d'employer de grandes roues; il faut, au contraire, dans la plupart des cas, réduire la vitesse par un jeu d'engrenages. Cependant, sur les locomotives du *New-York Central Railroad*, les induits des moteurs sont directement montés sur les essieux.

L'avantage le plus apprécié de la traction électrique est la possibilité de démarrer avec la plus grande accélération compatible avec l'équilibre statique des voyageurs. Les trains à arrêts fréquents peuvent ainsi atteindre une vitesse si élevée que la vitesse moyenne garde une valeur satisfaisante, malgré la fréquence des arrêts. La traction électrique est donc tout indiquée, sur les lignes métropolitaines et de banlieue, où elle ne constitue, en somme, qu'une extension des réseaux de tramways.

Sur les réseaux à longs parcours, il devient nécessaire de changer le mode de distribution de l'énergie. Si l'on se bornait à alimenter les moteurs par des courants à 600 ou 700 volts, il faudrait multiplier outre mesure les sous-stations transformatrices ou donner aux conducteurs de très grosses sections : dans l'un et l'autre cas, la dépense serait excessive. On a été ainsi amené à admettre des tensions assez élevées, 3.000 volts, par exemple, comme le fait le *Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Railroad*. Cette solution ne paraissait d'abord pas compatible avec l'emploi du courant continu. Sur les réseaux où l'on se sert de ce genre de courant, la tension d'alimentation est généralement comprise entre 500 et 750 volts. Quand la différence de potentiel atteint 1.500 ou 3.000 volts, la traction est assurée par quatre ou huit moteurs couplés en série, au démarrage, et deux par deux ou quatre par quatre en parallèle, en pleine marche, de manière à ne pas dépasser 700 ou 750 volts aux bornes de chaque moteur.

Le plus souvent, l'énergie est fournie sous forme de courants alternatifs. Bien que les moteurs à champ tournant soient très supérieurs aux alterno-moteurs simples, la distribution est rarement faite par courants triphasés, parce qu'elle exigerait au moins deux fils ou deux rails isolés, le troisième conducteur étant constitué par la voie ferrée ordinaire : outre la dépense d'installation, il en résulterait une grande complication, aux croisements, les deux lignes devant rester parfaitement isolées l'une de l'autre. En revanche, ce système est le meilleur pour la récupération de l'énergie, à la descente des pentes, notamment; aussi en trouve-t-on quelques exemples dans les régions montagneuses, surtout en Italie et en Suisse.

Le courant monophasé n'exigeant qu'un seul conducteur isolé, c'est généralement sous cette forme que l'électricité est fournie au train. Toutefois, comme le triphasé est plus avantageux pour la transmission de l'énergie à grande distance, la combinaison suivante est la plus usitée : l'énergie produite à proximité d'une mine de charbon ou empruntée à une chute d'eau est amenée par courants triphasés à très haute tension jusqu'à une sous-station, où des convertisseurs rotatifs la transforment en courant alternatif simple à tension moins élevée. C'est ainsi que la *General Electric C°*, de Schenectady, a équipé 182 kilomètres de voie principale entre Three Forks et Deer Lodge. C'est le premier pas vers l'électrification d'une distance totale de 710 kilomètres. Les locomotives ont une puissance normale de 3.000 chevaux; elles sont actionnées par 8 moteurs et pèsent 263 tonnes. La ligne est partagée par sections, alimentées chacune par une sous-station, dont la distance moyenne est de 56 kilomètres.

Le courant alternatif destiné à la force motrice est avantageusement produit à basse fréquence, contrairement à la solution adoptée pour l'éclairage : la fréquence de 16 périodes par seconde est reconnue la plus pratique, parce qu'elle permet d'utiliser des moteurs asynchrones, construits à peu près comme les moteurs à courant continu. La tension aux bornes du collecteur ne dépasse pas 800 volts, et, comme la tension à l'archet est généralement de plusieurs milliers de volts, elle est d'abord réduite dans des transformateurs statiques portés par le train. Les moteurs à collecteurs marchent bien, moins bien cependant avec les courants alternatifs qu'avec le courant continu.

Le moteur à courant continu est le moteur de traction par excellence; mais, par contre, c'est sous la forme alternative que l'électricité se prête le plus simplement et le plus économiquement aux distributions à grande distance. L'idéal serait donc d'amener aux locomotives le courant alternatif et de le transformer, sur la machine même, en courant continu. Le convertisseur à mercure de Cooper Hewitt est tout désigné pour cet office, puisqu'il ne comporte aucun organe mobile, et les modèles entièrement métalliques que l'on en construit actuellement sont suffisamment robustes pour cette application. La *Pensylvania Railroad Co*, la *New-York-New-Haven and Hartford* et la *Westinghouse Electric and Manufacturing Co* se sont associées, en 1913, pour construire et expérimenter une locomotive à quatre moteurs de 225 chevaux munie de convertisseurs à mercure. Elle est actuellement en service sur les lignes de la *New-Haven Co*, et les résultats des essais paraissent satisfaisants.

Malgré sa supériorité sur la locomotive à vapeur, la locomotive électrique ne constitue qu'une étape provisoire, mais nécessaire, dans l'électrification des chemins de fer. Le remorqueur attelé à la tête du train absorbe pour sa propre traction environ un tiers de l'énergie dépensée, et, pour assurer aux roues motrices l'adhérence indispensable, on est amené à concentrer sur un très faible espace un poids énorme, qui fatigue les voies. La mise en service des locomotives à vapeur du type *Pacific* a obligé les compagnies à renforcer les ponts, et les locomotives électriques exigent les mêmes précautions, lorsqu'on veut les rendre aussi lourdes. L'électricité offre un moyen bien simple de supprimer le poids inutile du tracteur, en composant les trains de wagons munis d'essieux moteurs : en divisant ainsi l'effort, on répartit le poids nécessaire à l'adhérence sur une plus grande longueur de rails, et chaque point de la voie n'a qu'une charge beaucoup plus modérée à supporter.

Si avantageuse que soit cette combinaison, on comprend qu'elle ne soit pas immédiatement réalisable sur

tous les réseaux, car il ne faut pas songer à remplacer, du jour au lendemain, ni même d'une année à l'autre, tout le matériel roulant actuel. Les compagnies procèdent donc par transformations partielles. La première phase est le remplacement progressif des locomotives, d'abord sur les lignes de banlieue, puis sur des parcours de plus en plus étendus. La seconde est l'établissement des trains à *unités multiples*. Ce programme est actuellement en voie de réalisation sur de nombreux réseaux. Nous en voyons, du reste, un exemple en France, sur les chemins de fer de l'État, dont les nouvelles voitures automotrices, longues de 22 mètres, peuvent contenir 200 voyageurs et comportent, en outre, un fourgon à bagages, ainsi qu'un poste de commande à chaque extrémité. Chacune de ces voitures réunit tous les éléments d'un train complet et peut ainsi assurer, à elle seule, le service aux heures de faible trafic. S'il y a plus de 200 voyageurs, on attelle à l'automotrice soit une autre voiture semblable, soit quelques wagons ordinaires. Si l'affluence l'exige, on forme un train aussi long qu'il le faut, avec des wagons ordinaires, en y intercalant un nombre convenable de voitures motrices. Ces dernières sont toutes reliées entre elles par des connexions et des relais établis de telle sorte que tous les moteurs et tous les freins soient commandés simultanément par le contrôleur placé en tête du train. Si long que soit le convoi, la direction n'en est pas plus difficile que celle d'un tramway, et un seul homme y suffit. Arrivé au terminus, le conducteur n'a qu'à se rendre dans la cabine arrière de la dernière voiture, qui devient alors l'avant du train : celui-ci peut donc immédiatement repartir en sens inverse, sans aucune des manœuvres qu'exigent les déplacements des locomotives.

E. C.

§ 4. — Chimie physique

La perte de poids du musc dans un courant d'air sec. — Plusieurs tentatives ont été faites, entre autres par Fischer et Penzoldt[1] et par Passy[2], pour déterminer la plus petite masse de substance odorante susceptible d'exciter le sens de l'odorat. Ces recherches partaient de l'idée que la sensation d'odeur est stimulée par le choc direct de particules de matière sur l'appareil olfactif. S'il en est ainsi, toutes les substances odorantes doivent perdre constamment de leur poids. En expérimentant sur le musc, il est arrivé de constater que ce parfum communique son odeur pendant des années sans diminution de poids; mais, étant donné le caractère hygroscopique des granules de musc, une faible perte peut être complètement masquée par l'absorption de l'humidité de l'air.

M. Ch. B. Bazzoni[3] a repris ces expériences en s'entourant de toutes les précautions possibles. Les granules de musc (mélange complexe de composés organiques) sont placés dans une coupe minuscule fixée à l'extrémité d'une fibre de quartz horizontale, dont l'autre bout est encastré rigidement à l'intérieur d'une cage en verre. Les variations de poids du musc se traduisent par une diminution de flexion de la fibre, qu'on mesure au moyen d'un microscope placé en dehors de la cage. Cette microbalance a une sensibilité de 0,00001 mgr. Pendant 7 mois, on a fait passer à travers la cage un courant d'air soigneusement desséché et noté la diminution de poids. Voici la moyenne de la perte en mgr. par jour pour chaque mois, l'échantillon initial pesant 1,32245 mgr. après dessiccation :

Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai
0,00318	0,00135	0,00087	0,00035	0,00025	0,00017	0,00002

Au bout de ce temps, le musc fut retiré de la cage; il ne présentait plus aucune odeur, même après broyage, exposition à l'air ou à l'humidité.

De ces premiers essais, l'auteur conclut que : le musc perd de son poids quand il est placé dans un courant d'air sec; cette perte n'est pas due à l'évaporation de l'eau; après que la perte de poids a cessé, le musc n'est plus odorant; l'odeur n'est pas restaurée par exposition à l'air humide. D'autres expériences sont en cours avec d'autres parfums.

1. *Sitzungsber. der phys. med. Soc. zu Erlangen*, t. XVIII, p. 7 (1885-1886).
2. *C. R. Soc. Biol.*, t. XLIV, p. 84 (1892).
3. *Journal of the Franklin Institute*, t. CLXXX, p. 463; t. 1915.

§ 5. — Chimie biologique

La structure moléculaire et la vie. — On sait qu'une foule de relations du plus haut intérêt ont été établies entre la constitution des corps et certaines de leurs propriétés, telles que la couleur, le pouvoir tinctorial, la densité, la saveur, le pouvoir rotatoire, l'action pharmacologique, etc. Mais aucune tentative n'avait été faite, jusqu'ici, pour rattacher à la structure des molécules les propriétés d'ordre *biologique*. Tel est le problème abordé par M. A. Pictet dans son discours d'ouverture prononcé récemment à la 97e session de la *Société helvétique des Sciences naturelles*[1].

M. Pictet essaie de répondre aux trois questions suivantes :

« 1° Existe-il une relation entre la constitution chimique d'un corps et le rôle qu'il joue au sein de l'organisme vivant?

« 2° Existe-t-il une condition de structure moléculaire qui rende une substance utile, indifférente ou nuisible à l'entretien de la vie, qui en fasse un aliment ou un poison?

« 3° Existe-t-il une condition semblable par laquelle la matière d'une cellule vivante se distingue de celle de cette même cellule morte, autrement dit la mort résulte-t-elle d'un changement dans l'architecture des molécules. »

Les composés organiques actuellement connus appartiennent à deux types seulement : les *composés à chaînes ouvertes* et les *composés cycliques*. Ces deux grandes classes des composés organiques sont séparées, au point de vue théorique, par un large fossé. Mais celui-ci n'est pas infranchissable. Il est possible, dans beaucoup de cas, par des réactions appropriées, d'agir sur les molécules des corps de manière à fermer sur elle-même une chaîne ouverte (c'est la *cyclisation*) ou de rompre une chaîne fermée (*cyclolyse*). On peut ainsi passer expérimentalement d'un type à l'autre. Encore faut-il remarquer que ce passage est incomparablement plus facile dans un sens que dans l'autre : un des caractères des chaînes fermées est leur stabilité et il faut un travail chimique toujours considérable pour en disjoindre les chaînons; au contraire, la cyclisation — tout en exigeant un certain apport d'énergie, nécessité par l'inflexion de la chaîne rectiligne et la soudure de ses deux atomes terminaux — s'opère beaucoup plus aisément.

Il y a, pense M. Pictet, tout un ensemble de propriétés fondamentales de la matière qui sont régies par la nature, cyclique ou linéaire, du squelette moléculaire. Ces propriétés sont celles qui entrent en jeu dans toutes les manifestations de la *vie*. L'étude des phénomènes vitaux considérés par M. Pictet porte sur les végétaux, où ces phénomènes se présentent à nous dans une simplicité relative.

Si l'on passe en revue les substances qui jouent le rôle d'intermédiaires dans la synthèse végétale, et qui existent d'ailleurs dans toutes les plantes : aldéhydes formique et glycolique, sucres, amidon, acides végétaux, asparagine, glycérine, matières grasses, lécithines, on est frappé de ce fait que leurs molécules ne renferment que des chaînes d'atomes ouvertes. Aucune d'elles ne présente la structure cyclique. « On constate ainsi une première relation entre la constitution et le rôle des substances végétales. Toutes celles que l'on peut légitimement considérer comme les produits directs et

1. *Archives des sciences physiques et naturelles*, t. XL, p. 181, 15 sept. 1915.

successifs de l'assimilation, toutes celles qui contribuent à l'édification et à l'entretien du protoplasma vivant, appartiennent à la première classe des composés organiques. »

Mais ces substances sont loin d'être les seules que nous fournisse le règne végétal. A côté d'elles, la plante en produit une infinie variété d'autres, que l'industrie a été de tout temps y chercher, non plus pour les utiliser comme aliments, mais pour tirer profit de quelqu'une de leurs autres propriétés. Ces substances : huiles essentielles, terpènes et camphres, colorants et pigments végétaux, résines, caoutchoucs, tannins, glucosides et alcaloïdes, ne semblent pas jouer dans la plante le même rôle que les composés de la première catégorie.

Ces substances ne sont point indispensables au développement des végétaux, puisque beaucoup d'entre eux en sont dépourvus. Et, loin d'être des produits d'assimilation, ce sont, pense M. Pictet, des produits de dénutrition. Ils représentent les déchets du métabolisme végétal et correspondent, d'après M. Pictet, à ce que sont chez l'animal l'urée, l'acide urique, le glycocolle, les pigments biliaires, etc. Les recherches sur la constitution de ces substances ont montré qu'elles appartenaient toutes à la catégorie des composés cycliques.

« Il y a donc, dans l'organisme végétal, deux processus de synthèse parallèles, l'un qui, réunissant les atomes par simple juxtaposition, forme les longues chaînes ouvertes qui finiront par constituer la molécule complexe des protéines, l'autre qui, opérant un véritable travail de voirie, nettoie l'organisme de tous les détritus laissés par la première synthèse, en fermant sur eux-mêmes tous les fragments qui ne peuvent plus concourir à la construction de l'édifice, ou qui s'en détachent lorsque cet édifice tombe en ruines. »

Ces vues ont été confirmées par l'expérience. M. Pictet et ses collaborateurs ont, en effet, pu réaliser des synthèses d'alcaloïdes par cyclisations de substances que l'on sait être des produits de décomposition des protéines. On peut légitimement admettre que c'est ainsi que les alcaloïdes prennent naissance dans le végétal et, par analogie, on est en droit d'attribuer la même origine à tous les composés semblables.

Une objection assez grave peut être faite. Dans l'énumération des substances qui ne contribuent pas à la formation du protoplasma de la plante, on a omis la plus importante de toutes, la *cellulose*, qui forme les parois des cellules et des vaisseaux et joue un rôle fondamental de protection mécanique du protoplasma. Cette substance doit posséder une stabilité chimique suffisante pour résister aux actions multiples qui entrent en jeu dans le végétal. Et, si les idées précédemment développées sont justes, la cellulose doit posséder, comme tout autre composé que la plante écarte du circulus vital, la structure cyclique.

Or tous les traités de chimie placent la cellulose à côté de l'amidon, parmi les composés à chaînes ouvertes.

L'objection n'est peut-être pas très sérieuse, car, au fond, la constitution de la cellulose n'a pas été déterminée jusqu'ici avec certitude et l'analogie avec l'amidon ne suffit pas à l'établir. Une série d'expériences de M. Pictet et de ses collaborateurs semble plutôt montrer que la cellulose doit être éloignée de l'amidon dans la classification et placée parmi les composés de structure cyclique.

Les expériences ont porté sur la distillation de la houille, qui provient sans nul doute de transformations diverses qui ont fait perdre à la cellulose son oxygène et son hydrogène. Les produits de la distillation ordinaire de la houille, goudrons et coke, sont exclusivement formés de composés cycliques (le fait que le coke fournit par oxydation des acides aromatiques nous assure que les atomes de carbone qui le composent sont unis en chaînes fermées). Seulement, comme la distillation de la houille a été effectuée à des températures de 800° à 1000° et que les expériences de Berthelot ont montré que ces températures sont amplement suffisantes pour provoquer la cyclisation de toutes les chaînes ouvertes, on ne peut rien conclure de certain sur la structure des composés qui existent dans la houille.

Aussi M. Pictet a-t-il institué des expériences de distillation de la houille dans le vide, ce qui permet de ne pas élever la température au-dessus de 450°. On obtient ainsi un goudron spécial et un coke d'un nouveau genre, *goudron du vide* et *coke du vide*, qui sont de nature exclusivement cyclique. On peut conclure de là que les composés cycliques préexistent dans la houille et en forment certainement la majeure partie.

Il est alors naturel d'attribuer la même structure cyclique à la cellulose, qui est, de toutes les substances contenues dans les végétaux, celle qui a certainement pris la plus grande part à la formation de la houille. L'objection possible est ainsi éliminée et l'hypothèse de M. Pictet trouve, au contraire, un nouvel exemple à son appui.

M. Pictet cherche ensuite à préciser la différence chimique entre le contenu d'une cellule vivante et le contenu d'une cellule morte.

Une cellule vivante est un organisme extrêmement complexe, dans lequel les *matières protéiques* ou *albuminiques* doivent être considérées, sinon comme le facteur essentiel de la vie, du moins comme le théâtre de ses manifestations. « Elles seules possèdent, en effet, ces deux facultés éminemment vitales d'édifier leurs molécules avec celles du milieu et de réagir aux moindres impulsions d'ordre physique, chimique ou mécanique... Elles sont, pendant la vie de la cellule, en état de perpétuelle transformation et ne se trouvent en état d'équilibre stable que lors de la mort de cette cellule; ou plutôt, devrait-on mieux dire, cette mort n'est que le résultat de la stabilisation des molécules protéiques ».

Reste à savoir si cette stabilisation est d'ordre chimique, c'est-à-dire si elle provient d'une modification dans la structure moléculaire. Il faudrait pour cela connaître la constitution de l'albumine vivante et celle de l'albumine morte. Or la Chimie ignore tout, ou presque tout de la première, car ses procédés d'investigation ont pour premier effet de tuer toute cellule vivante. On sait, au contraire, parfaitement, que les albumines retirées des tissus morts sont de structure cyclique.

D'autre part, Loew a remarqué que tous les réactifs chimiques qui sont susceptibles d'attaquer les aldéhydes et les bases primaires, et d'agir sur les groupes aldéhydes et aminogènes qui les caractérisent, sont invariablement des poisons du protoplasma vivant. Ces mêmes réactifs sont, en revanche, sans influence aucune sur l'albumine morte. Lœw en conclut logiquement que la molécule de l'albumine vivante renferme lesdits groupes, tandis que la molécule de l'albumine morte ne les possède plus.

Mais, par le fait de leur nature même, les groupes d'atomes précédents ne peuvent, en aucun cas, faire partie intégrante d'une chaîne fermée. Etant tous deux monovalents, ils ne peuvent se greffer que sur des chaînes ouvertes. Leur existence dans l'albumine vivante y implique nécessairement la présence de ces chaînes.

« La stabilisation de l'albumine vivante entraîne donc une cyclisation. En fermant sur elle-même ses chaînes ouvertes, l'albumine du protoplasma cellulaire entre dans l'équilibre et le repos. Sa période d'activité se termine de la même manière que celle de toutes les substances qui concourent à son entretien. Pour les unes et les autres, la *cyclisation est la mort.* »

Les considérations précédentes permettent donc d'établir : que les phénomènes vitaux sont liés à une structure spéciale de la molécule organique; que seule la disposition des atomes en chaînes ouvertes permet l'entretien et les manifestations de la vie ; que la structure cyclique est celle des substances qui ont perdu cette faculté ; et qu'enfin la mort résulte, au point de vue chimique, d'une cyclisation des éléments du protoplasma. « Le serpent qui se mord la queue, symbole de l'éternité chez les anciens, mériterait de devenir, pour le biochimiste moderne, le symbole de la mort. »

A. B.

LA VIE ET L'ŒUVRE DE J.-H. FABRE

L'ermite de Sérignan, celui qui fut appelé par Darwin l' « observateur inimitable » et par Victor Hugo l' « Homère des Insectes », vient de s'éteindre à l'âge de 92 ans, dans les rayons d'une gloire qu'il n'avait pas cherchée et qui surgit spontanément de son œuvre. Il est mort au lieu où il avait vécu un grand demi-siècle, et son dernier regard a caressé les frondaisons de l'enclos désormais célèbre qui fut le séjour agreste de son heureuse solitude, le paisible théâtre de ses merveilleux travaux ; comme sa vie, la végétation mourante de l'harmas s'est éclairée de glorieuses couleurs avant d'entrer dans le repos ; comme son œuvre, elle ne cessera pas d'être vigoureuse et de produire les plus riches floraisons.

Pourtant l'origine de Fabre fut très humble et sa jeunesse hérissée d'obstacles. Issu de parents pauvres qui tenaient un médiocre débit à Saint-Léons, dans la montagne du Rouergue, il est d'abord le jouet des vicissitudes paternelles qui l'entraînent un peu partout dans le Midi, et finalement au pays vauclusien qui deviendra sa patrie adoptive. Cette vie errante est aussi peu que possible favorable aux études ; elle ne lui permet pas de rester au collège de Rodez, où il payait ses classes en rendant quelques services, et l'oblige à se cultiver lui-même ; il entre premier à l'Ecole Normale d'Avignon. C'est le salut, non le port où il trouvera sa voie définitive. Instituteur primaire au Collège de Carpentras, professeur au Lycée d'Ajaccio et finalement au Lycée d'Avignon, il explore avec une ardeur inlassable toutes les directions de l'esprit humain ; bientôt les langues anciennes lui sont familières, les sciences mathématiques et physiques lui dévoilent leurs secrets. Il accumule diplômes sur diplômes, et le voici docteur ès sciences, lauréat de l'Institut ; c'est un admirable professeur, les élèves sont suspendus à ses lèvres, et il obtient un succès inouï dans les cours libres d'enseignement secondaire qu'il a établis pour les jeunes filles à Avignon. Mais on le tient pour un « irrégulier, fils de ses études solitaires », et malgré ses succès, ses diplômes et ses premiers travaux, malgré la faveur du ministre Duruy qui le décore et veut en faire un précepteur du Prince impérial, il abandonne l'*alma mater* et se retire à Orange, puis à Sérignan. Il lui faut l'indépendance, car les simagrées officielles déplaisent à sa droite nature : il lui faut le plein air de la campagne, car ses premières recherches l'ont enflammé et il brûle du désir de surprendre en leur élaboration les mystères de la vie.

Il est libre, mais sans fortune, et ses charges de famille sont lourdes ; comment subvenir aux besoins de la douce nichée ? Par le travail soutenu et un inimitable talent ; la journée sera aux recherches, les temps sombres et les nuits aux ouvrages d'enseignement. Car en brisant les entraves que lui apportait le professorat, il est resté un professeur lucide, délicieusement entraînant, et il sera tel jusqu'à la fin de ses jours ; seulement, il professera par la plume et par le livre. C'est alors que parurent coup sur coup les multiples ouvrages de vulgarisation et d'enseignement qui ont fait le charme des élèves un peu avant et après 1870 : les *Ravageurs des cultures*, les *Auxiliaires*, la *Cosmographie*, la *Physique*, la *Chimie* et quantité d'autres publications où l'auteur se fait un jeu de rendre limpides et attrayantes les questions scientifiques les plus abstraites. Sous l'impulsion de Duruy, ces livres se répandirent partout dans les Ecoles et, tant ils avaient de charmes, instruisirent les parents non moins que les élèves. Mais, à part quelques traités didactiques, ces petits chefs-d'œuvre étaient plus faits pour ouvrir l'esprit et pour attirer vers la Science que pour mener à un diplôme. Ils furent abandonnés pour les manuels indigestes que l'on délaisse avec bonheur une fois l'examen subi et, au grand détriment de la vraie culture, nos élèves ne les connaissent plus. Plaise à nos pédagogues qu'on y revienne, ou que tout au moins ils trouvent une place dans les bibliothèques agricoles et scolaires.

Ce talent d'exposition, cette admirable lucidité, cette puissance d'entraînement sont des qualités qui lui reviennent en propre, et qui font partie de sa nature. On les retrouve dans les œuvres scientifiques auxquelles il doit le meilleur de sa réputation, mais ici avec d'autres qualités plus frappantes encore : une langue savoureuse, un don particulier de rendre vivants les sujets qu'il expose. Il y met toute son âme et une passion qui devient très vite communicative : ses favoris sont les insectes, animaux étranges et de mœurs bizarres ; il les aime depuis le plus jeune âge, il a toujours brûlé du désir de scruter les mystères de leur existence, et une fois en présence du palpitant sujet, il ne se contente pas de décrire scientifiquement ses héros, il les fait vivre à nos regards, en plein milieu de la nature. « C'est l'un des plus savants naturalistes, a dit

de lui Maurice Maeterlink, et le plus merveilleux des poètes au sens moderne et vraiment légitime de ce mot. » Poète il le fut, dans ses *Souvenirs entomologiques*, comme il l'a été dans cette ode sur le *Nombre* qui rappelle Victor Hugo et dans son volume de chants provençaux, (*Oubreto prouvençalo*), qui fait songer à Mistral ; — mais il faut quitter un domaine où Maeterlink a le droit d'être juge et étudier les *Souvenirs entomologiques* pour bien connaître l'œuvre scientifique de Fabre.

* *

Elle débute par un travail consacré aux organes reproducteurs des Myriapodes, thèse doctorale non dépourvue de qualités, mais qui n'indique point la direction où l'auteur devra trouver le succès et la gloire. Fabre ne fut pas plus anatomiste que systématicien : il voulait étudier la vie, et le scalpel de dissection comme l'épingle entomologique lui inspiraient une profonde horreur, en tant que voués à des morts. La lecture absolument fortuite d'un mémoire de Léon Dufour lui montra « des horizons non encore soupçonnés » et l'engagea dans le sillon « qui devait être son lot ». Ce mémoire traite d'une guêpe prédatrice du genre *Cerceris*, qui capture exclusivement des Buprestes et les entasse pour sa larve dans une cellule creusée en terre. Les premières sont inertes, et Dufour les tient pour mortes, mais elles conservent plusieurs semaines toute leur fraîcheur et, pour expliquer cet étonnant mystère, le vieil entomologiste des Landes suppose que le Cerceris, en les tuant, leur a inoculé son venin en guise d'antiseptique. C'est une hypothèse qui n'a rien d'invraisemblable; mais Fabre fut toujours un fervent de la réalité et il veut connaître tous les détails du drame. Comme le Cerceris bupresticide est rare en Provence, il s'adresse à un chasseur de Charançons, le Cerceris tuberculé, qui abonde au voisinage de sa demeure ; et multipliant les observations, organisant des expériences ingénieuses, il arrive à une conclusion qui détruit l'hypothèse de Dufour : les proies du Cerceris ne sont pas mortes; la guêpe les a frappées de son dard aux centres nerveux et immobilisées par sa piqûre venimeuse; rendues à peu près inertes, elles seront pour la gloutonne larve du Cerceris des victimes sans défense et toujours fraîches. Ce travail inaugure, pour l'auteur, la série des recherches entomologiques; sa valeur propre est sérieuse, mais son grand mérite est d'avoir introduit dans l'étude des mœurs des Insectes la méthode expérimentale, presque complètement négligée par Réaumur et par les Huber. Cette méthode deviendra singulièrement féconde entre les mains ingénieuses du passionné chercheur qui s'en fit le protagoniste ; elle caractérise tous ses travaux entomologiques et constitue l'un de ses principaux titres à la gratitude des savants ; on en reconnaît aujourd'hui toute la valeur, surtout en France et en Amérique, où elle est pratiquée par de nombreux biologistes. L'Institut récompensa cette nouveauté en accordant au mémoire sur les Cerceris un prix de Physiologie expérimentale.

Un des plus beaux exemples de l'application de la méthode expérimentale à la biologie des Insectes nous est offert par les recherches de Fabre sur la ponte des Osmies. La plupart de ces abeilles solitaires établissent leurs cellules dans des cavités à leur convenance : coquille d'Hélice, galerie d'Anthophore, tige creuse des roseaux ou des ronces, etc. Quand elles nidifient dans des tiges creuses, leurs cellules sont disposées en série, les plus grandes en bas avec les œufs les premiers pondus, les dernières au sommet, plus récentes et plus réduites. Or de celles-ci naissent des mâles, qui sortent les premiers, et des grandes cellules primitives sortent ensuite les femelles. L'abeille aurait-elle l'instinct de déposer dans chaque cellule un œuf de sexe convenable ? Ou bien le sexe de l'œuf serait-il déterminé par la provision alimentaire de miel et de pollen qui est plus réduite dans les cellules de mâles que dans les cellules de femelles ? Par des expériences simples et concluantes réalisées dans son pauvre laboratoire, Fabre établit sans conteste la vérité de la seconde hypothèse : il fait pondre ses Osmies dans un roseau et, une fois la ponte faite, il intervertit les rations, mettant les grandes dans les petites cellules et les petites dans les grandes. Le résultat est toujours le même : seulement les grandes cellules donnent de petites femelles et les petites, maintenant bien approvisionnées, de gros mâles. Avec un roseau plus large, l'Osmie maçonne avec plus d'irrégularités, mais dépose toujours un œuf mâle dans les petites cellules, un œuf femelle dans les grandes; et si on l'oblige à faire des pontes fractionnées dans des coquilles étroites où il lui est impossible d'établir de grandes cellules, elle ne pond guère que des œufs mâles. Sur une ponte fractionnée de 26 œufs, Fabre obtint de la sorte 25 mâles et une seule femelle! Ainsi l'œuf qui descend des ovaires n'a pas de sexe déterminé; il acquiert son sexe en traversant les voies génitales et la femelle possède l'instinct de déposer dans chaque cellule un œuf du sexe convenable; on dirait qu'elle a connaissance du sexe de l'œuf qu'elle va pondre et qu'elle peut produire ce sexe à volonté. Voilà

une des plus belles découvertes de Fabre ; elle est due tout entière à l'application de la méthode expérimentale. Sans doute le déterminisme du phénomène reste inconnu, et l'on se perd en hypothèses pour l'établir, mais n'est-ce pas le propre des importants travaux de reculer le domaine de l'inconnu sans le faire totalement disparaître !

Pour scruter et suivre dans leur enchaînement les habitudes mystérieuses des Insectes, il ne suffit pas d'être un expérimentateur ingénieux ; il faut une observation pénétrante, une patience que rien ne décourage et une puissance d'intuition peu ordinaire. Fabre possédait ces qualités jusqu'au génie et il en donna une preuve éclatante dans ses études sur les Coléoptères vésicants des genres *Sitaris* et *Meloe*. Tout ce qu'on savait sur le développement de ces Insectes, c'est que le prétendu pou des abeilles solitaires, pour lequel on avait fondé le genre *Triungulinus*, n'est rien autre chose que la jeune larve d'un vésicant, mais on ignorait l'origine et la destinée de cette larve. Fabre jeta un plein jour sur cette question qui ménageait aux biologistes des surprises peu ordinaires. Les *Sitaris* se développent en parasites dans les cellules des Anthophores ; ils en sortent en été, s'accouplent et pondent un très grand nombre d'œufs qui donnent, un mois plus tard, des larves très agiles auxquelles on a laissé le nom de *triongulin*. Ces larves passent l'hiver sans prendre de nourriture ; au printemps, elles s'accrochent aux poils des Anthophores mâles, puis aux femelles quand se produit l'accouplement, et, avec ces dernières, pénètrent dans la cellule de leur hôte. Une fois établies dans ce gîte, elles dévorent l'œuf déposé par l'Abeille sur le gâteau de miel et de pollen, subissent une mue et en sortent sous la forme d'un ver blanc obèse et peu mobile dont les pattes sont très courtes. Au lieu d'être carnivore comme le triongulin, cette larve secondaire se nourrit du gâteau préparé par l'abeille ; elle le dévore tout entier, subit une mue, prend la forme d'une pseudo-chrysalide presque apode et passe l'hiver entourée de son exuvie. Nouvelle mue et nouvelle forme larvaire au printemps, l'insecte restant immobile entouré de deux exuvies au lieu d'une. Au début de l'été, cette larve tertiaire évolue en chrysalide tout à fait caractéristique, et celle-ci donne l'adulte qui perfore les deux enveloppes exuviales pour sortir du nid de l'Anthophore. Ces phénomènes extraordinaires furent considérés par Fabre comme une *hypermétamorphose*, c'est-à-dire comme une complication du développement normal ; il n'était guère possible de les caractériser autrement à l'époque où ils furent mis en lumière. Depuis lors, on a pu les suivre chez de nombreux vésicants et en établir le déterminisme ; le triongulin est évidemment adapté à la recherche de l'hôte ; quant à la pseudo-chrysalide, on la considère avec Edmond Perrier comme une larve qui s'enkyste au moment des grandes chaleurs ou des grands froids pour attendre une saison plus propice. Les Méloés, étudiés aussi par Fabre, sont déjà moins anormaux que les Sitaris.

Au surplus, le polymorphisme larvaire est un des nombreux chapitres que Fabre est venu ajouter à l'histoire entomologique, et, ce faisant, il a contribué à établir l'extrême plasticité des Insectes à leur sortie de l'œuf, par suite à expliquer la singulière prédominance de ces êtres dans le règne animal. Le *Leucospis gigas* est un Hyménoptère chalcidien dont les larves dévorent celles des Abeilles maçonnes du genre Chalicodome ; plusieurs femelles de Leucospis peuvent enfoncer leur ponte dans la cellule de mortier qui protège la future victime, et celle-ci ne peut suffire qu'à la nourriture d'un seul parasite ; si tous les Leucospis éclosent, il y aura famine. Mais le polymorphisme écarte ce danger : la forme issue de l'œuf est une larve primaire très agile, munie de longues soies, qui arpente la cellule en tous sens ; la première éclose s'empresse de détruire tous les autres œufs, et une fois cette besogne accomplie, devient une larve vermiforme qui se met à table et aspire par gorgées sa victime. A un autre parasite des Chalicodomes, le *Monodontomerus*, ce polymorphisme est inutile, car les larves sont de très petite taille et un grand nombre peuvent s'attabler autour de la nymphe qui leur sert de nourriture. Il devient par contre nécessaire aux Diptères du genre *Anthrax*, qui parasitent également l'abeille maçonne ; mais ici les larves primaires ne sont pas exterminatrices : écloses en dehors de la cellule où les œufs de l'Anthrax furent déposés, elles ont pour rôle de franchir la paroi de mortier, de s'y faufiler par des fissures, à quoi se prête fort bien leur corps ténu et les soies longues qui le terminent.

Les recherches de Fabre sur les Coléoptères des bouses nous mettent en présence de mœurs plus variées encore et peut-être plus intéressantes. Chaque espèce a ses habitudes propres et Fabre en a étudié en grand nombre : le Bousier sacré, les Onthophages, les Copris, les Onitis, etc. Ici, l'observation est particulièrement difficile, car ces Insectes nidifient sous terre, et c'est au fond de galeries obscures que s'élèvent leurs larves ; mais l'ingénieux biologiste sut tourner de bien autres obstacles.

Dans cette copieuse série, on peut choisir pour exemple l'histoire du bousier sacré, *Ateuchus*

sacer, dont Fabre écrivit le premier chapitre vers le milieu du dernier siècle et le chapitre final cinquante années plus tard. Depuis les temps antiques, on savait que le singulier insecte fait des pilules de bouse qu'il roule dans un terrier où il s'enfouit avec elles, et l'on admettait que cette pilule sert à nourrir l'adulte aussi bien que sa progéniture. Or il n'en est rien ; si la pilule ronde suffit aux parents, elle est trop grossière pour l'intestin délicat des larves ; à ces dernières, il faut une fiente spéciale, fine et bien triée, que la mère emporte dans son trou et qu'elle pétrit en une poire élégante qui servira de gîte et de couvert à la future larve. La paroi en est durcie, le centre onctueux, et l'œuf, semblable à une grosse perle d'ambre, occupe le bout de la poire, niché dans une loge poreuse où l'air peut facilement arriver. C'est là qu'éclot la jeune larve, c'est de la matière onctueuse qu'elle fait son aliment, et c'est dans la coque durcie qu'elle évoluera en nymphe, puis en adulte. Il faut lire les étonnants chapitres consacrés à cette histoire pour se rendre compte des difficultés que le biologiste eut à vaincre, et des erreurs enracinées qu'il réussit à faire disparaître. Parmi ces dernières, je signalerai celle qui consiste à voir dans ces insectes des êtres secourables, toujours prêts à offrir main-forte à un confrère embarrassé : quand un bousier roule à grand effort sa pilule ronde, un autre vient très souvent à la rescousse, mais ce n'est point pour donner aide, c'est pour profiter d'une absence qui lui permettra de ravir le précieux fardeau !

* * *

On ne résume pas en quelques pages les résultats d'un labeur qui dura sans répit pendant les trois quarts d'un siècle, et si j'ai insisté sur quelques problèmes résolus par Fabre, c'est pour mettre en relief la portée de son œuvre. Pour faire connaître l'étendue et la singulière variété de celle-ci, je me borne à citer au hasard quelques-uns des nombreux chapitres qui la composent : celui des Lampyres ou vers-luisants, où l'on assiste au travail de ces insectes dont les larves se nourrissent d'escargots vivants, le chapitre des Nécrophores qui se livrent à un labeur inoui pour enterrer les cadavres où ils trouvent leur subsistance, et ceux consacrés aux industries multiples des Charançons, les piqueurs de fruits, les coupeurs de jeunes pousses, les cigariers ou rouleurs de feuilles. Fabre nous fait assister aux cruelles amours des Mantes et à la fascination qu'exercent sur leurs victimes ces carnassiers voraces, à la ponte des criquets et à la singulière manœuvres qu'emploient leurs jeunes pour sortir du trou de ponte, à la confection du fourreau des Phryganes et des Psychés, à la longue évolution des Cigales dans le sol, aux pérégrinations machinales des chenilles processionnaires. Mieux que Mac Cook, il a suivi le merveilleux travail des Araignées-orbiculaires, aussi bien que Moggridge les ruses des Mygales et des Lycoses à terrier ; on lui doit un chapitre inégalable sur les habitudes des Scorpions. Que d'erreurs il a fait disparaître ! la ressemblance des Volucelles avec les Guêpes ou les Bourdons ne saurait être attribuée à un mimétisme défensif, car ces Diptères ne vivent point en parasites dans les nids de leurs hôtes, ils en sont les nettoyeurs ; — la simulation de la mort est un mythe chez les Araignées aussi bien que chez les Insectes : lorsque ces bêtes deviennent inertes quand on les touche, elles ne se livrent pas à une manœuvre défensive, mais présentent tous les caractères d'un état cataleptique ; c'est un chapitre neuf ajouté à l'histoire de l'hypnose.

Fabre a toujours montré une prédilection pour les Hyménoptères qui chassent et paralysent les Insectes destinés à leur progéniture ; c'est par eux qu'il débuta dans la carrière où il devait s'illustrer et c'est à eux qu'il revient fréquemment dans la suite. Il les a presque tous passés en revue, et chacun d'eux a renouvelé chez lui les extases qu'il avait éprouvées en étudiant les Cerceris : les Philanthes chasseurs d'Abeilles, les Ammophiles qui emmagasinent des chenilles, les Pélopées et les Pompiles qui s'adressent aux Araignées, les chasseurs de Pucerons, d'Acridiens, de Mantes, de Grillons, de Mouches, de Coléoptères, tous ont été successivement ses favoris, tous lui ont procuré le même émerveillement. C'est peut-être la partie la plus captivante de son œuvre ; c'est à coup sûr la plus étendue et la plus originale ; avant lui, on ne soupçonnait absolument rien de ces mœurs extraordinaires. Depuis lors, on a reconnu que Fabre accordait à l'insecte une science anatomique excessive, que beaucoup de paralyseurs poignardent au hasard et que certains mêmes se bornent à mutiler leur victime ; on a surtout contesté le fait de la piqûre dans les centres nerveux et attribué l'action paralysante au venin bien plus qu'à cette dernière. Mais ce sont là des mises au point inévitables, comme en réclament toujours les recherches de grande envergure. Au surplus, quand on compulse l'œuvre de Fabre, on n'a pas de peine à s'apercevoir qu'aucun de ces détails ne lui avait échappé : il n'a jamais contesté l'action paralysante du venin inoculé par l'insecte, et les belles recherches des Peckham sur les Pompiles chasseurs de Lycoses ont manifestement établi que les coups de poignard donnés par le

prédateur produisent deux paralysies différentes : l'une fonctionnelle et souvent transitoire qui résulte de l'action du venin, l'autre structurale et persistante produite par le dard qui lèse plus ou moins les centres nerveux.

En philosophie, Fabre est un réaliste, ennemi des hypothèses, et par cela même peu enclin à la biologie comparative, moins encore à scruter les temps évanouis; « les strates géologiques ont conservé les formes, dit-il, mais elles gardent le silence sur l'origine des instincts ». Il fut dès lors un adversaire des théories évolutionnistes, qu'il cribla de ses objections, voire de ses railleries ; passionné dans ses études, il ne l'était pas moins dans ses conceptions ; il fut ardent à la lutte aussi bien qu'au labeur. On peut croire que ses recherches sur les paralyseurs donnèrent à son esprit la tournure philosophique dont il ne dévia jamais. Le Tachyte chasseur de Mantes pique au bon endroit et rend inerte sa victime redoutablement armée : il « sait donc où gisent les centres nerveux de sa proie, ou, pour mieux dire, il se comporte comme s'il le savait. Cette science qui s'ignore, lui et sa race ne l'ont pas acquise par des essais perfectionnés d'âge en âge, et par des habitudes transmises d'une génération à l'autre... Le métier de paralyseur de Mantes est des plus périlleux et ne comporte pas de demi-succès ; il faut y exceller dès la première fois, sous peine de périr. Non, l'art chirurgical du Tachyte n'est pas un art acquis. D'où lui vient-il donc, sinon de la science universelle en qui tout s'agite et tout vit. » Fabre conclut pareillement en présence des larves de Scolies, très habiles à vider les larves de Cétoines paralysées pour elles et incapables de cet acte quand on leur offre une autre proie. Sans péril de mort, dit-il, elles n'ont pu acquérir progressivement cette habitude ; l'art de vider les larves de Cétoines a dû, chez elles, se manifester parfait dès l'origine. « Mais alors, c'est l'instinct inné, l'instinct qui n'apprend rien et n'oublie rien, l'instinct immuable dans le temps. »

En concluant de la sorte, Fabre était dominé par la règle et ne tenait pas compte des exceptions ; dans la nature actuelle, les habitudes des Insectes sont le résultat d'une série d'actes qui s'enchaînent mécaniquement et les déviations de ce mécanisme frappent beaucoup moins que le mécanisme lui-même. Non que ces déviations aient échappé à son esprit observateur ; il était bien trop sagace pour ne pas les apercevoir et nul plus que lui n'en a signalé d'intéressantes ; mais il les subordonnait à la règle et ne leur accordait pas l'importance que la plupart des zoologistes leur ont justement accordée depuis. Au fond, bien que séparé de Weismann par un abîme, il professait comme lui l'innéité des habitudes et, comme lui également, que les habitudes acquises au cours de l'existence individuelle ne sont pas héréditaires. Il faut noter, toutefois, que Weismann, évolutionniste convaincu, admet le changement des habitudes par mutations germinales, tandis que Fabre, ennemi des hypothèses, évite toute explication sur ce point et, quant à l'origine des habitudes, renvoie à « la Science universelle en qui tout s'agite et tout vit ». Il laisse la question ouverte et dirait plutôt comme Montaigne : « Je ne sais ».

Il est homme de grande bonne foi, d'ailleurs, et s'il a fait maintes piqûres au transformisme, il relève ce qui peut en donner à son propre système. Les larves de paralyseurs seraient incapables de toucher sans péril à une proie différente de celle qui leur est servie, et il note avoir pu mener à bien « la larve de l'Ammophile hérissée avec un grillon noir adulte, accepté d'ailleurs aussi volontiers que le gibier naturel, la chenille ». il ne croit guère à l'éducation individuelle des Insectes, et il nous montre le triongulin des Sitaris saisissant d'abord, comme un poil d'Abeille, le mince fétu qu'on lui offre, puis, formé par l'expérience, refusant de se laisser prendre à cette ruse. Devant ces observations et beaucoup d'autres semblables, il fait fléchir sa thèse : « L'instinct pur, s'il était seul, dit-il, laisserait l'insecte désarmé dans le perpétuel conflit des circonstances... En cette mêlée confuse, un guide est nécessaire... Ce guide, l'insecte le possède certes, à un degré même très évident. C'est le second domaine de sa psychique. Là il est conscient et perfectible par l'expérience. N'osant appeler cette aptitude rudimentaire intelligence, titre trop élevé pour elle, je l'appellerai discernement. » Nous voilà bien près des idées les plus modernes, et très loin de l'école mécaniste allemande qui regarde les Insectes comme de simples machines réflexes.

Un pas de plus, et nous arrivons au lamarckisme pur, à l'hérédité des habitudes acquises par expérience. Comme beaucoup d'autres prédateurs, le Sphex à ailes jaunes creuse son terrier avant de partir en chasse, puis, revenant à sa capture, dépose celle-ci au bord du trou pour faire une dernière visite au domicile ; éloigne-t-on alors quelque peu sa proie, il la recherche en sortant, la ramène au bord du trou et recommence une visite. C'est le mécanisme de l'instinct. « Coup sur coup, une quarantaine de fois, j'ai répété la même épreuve sur le même individu,

rapporte Fabre; son obstination a vaincu la mienne, et sa tactique n'a jamais varié ». Mais, dans une bourgade étudiée l'année suivante, les Sphex étaient moins sots; après deux ou trois épreuves, ils déjouaient la perfidie et pénétraient dans leur domicile avec le gibier. « Que veut dire ceci? demande-t-il. La peuplade que j'examine aujourd'hui, issue d'une autre souche, car les fils reviennent à l'emplacement choisi par les aïeux, est plus habile que la peuplade de l'an passé. *L'esprit de ruse se transmet :* il y a des tribus plus habiles et des tribus plus simples, apparemment suivant les facultés des pères. » Nous voici bien au seuil du lamarckisme, car ces individus mieux doués ont dû apprendre par expérience à se mettre en garde contre un accident qui ne doit pas être rare dans les conditions naturelles.

Il semble bien établi maintenant que l'évolution psychique des Insectes a dû s'effectuer et s'effectue encore suivant deux voies: par sauts brusques ou mutations et lentement par l'expérience; l'hérédité, dans l'un et l'autre cas, fixant les habitudes nouvelles qui prennent alors la forme automatique des instincts. En dépit de ses conceptions sur l'instinct immuable, Fabre aura contribué, plus que tout autre, à faire connaître le mécanisme des phénomènes évolutifs : par l'attrait qu'il sut donner à ses observations, il a suscité en tous pays une pléiade de chercheurs ardents qui l'admiraient sans épouser sa doctrine; par ses critiques pénétrantes appuyées sur des faits minutieusement contrôlés, il a tenu les évolutionnistes en haleine et les a empêchés de s'endormir sur les lauriers des grands Maîtres qui établirent la théorie; enfin, par ses travaux eux-mêmes, il fut l'un des artisans qui contribuèrent le plus à fortifier cette dernière.

Plus profond que Réaumur et d'un attrait dont celui-ci était dépourvu, il a exercé et exercera longtemps une influence autrement grande. Ce fut un Maître dans la meilleure acceptation du terme, d'ailleurs un Maître d'une nature toute spéciale, qui vivait en solitaire et faisait éclore des élèves par la magie de son style, le puissant intérêt de ses travaux. En cela, comme en toutes choses, on doit lui reconnaître une originalité parfaite et du meilleur aloi. « Il doit peu aux autres, savants ou écrivains, a justement écrit de lui son sympathique biographe, M. le Dr Legros, et la formule de son style comme le secret de son art, c'est uniquement dans son propre fonds qu'il les a trouvés. »

Fabre a éprouvé plus que personne les difficultés de la vie, mais il a su les dominer par son talent et par son courage, en conservant intacte l'indépendance qui lui tenait au cœur et qu'il considèra toujours comme son bien le plus précieux. Modeste et simple dans ses goûts, passionné dans ses recherches, éperdument amoureux de la tranquillité champêtre, il a dû goûter les joies les plus profondes au cœur de l'harmas où il vécut solitaire parmi ses Insectes favoris et les plantes parfumées qui poussaient là sans entraves, comme en pleine nature. Dans ce paradis terrestre du biologiste, maintenant acquis à la science par des amis pieux, son pas a tracé des sentes irrégulières et nombreuses, où viendront s'inspirer désormais les continuateurs de son œuvre. C'est là que sont venus le trouver, j'allais dire le troubler, l'hommage de l'Institut qui fit de lui un de ses Correspondants et, sur le tard, les éclats d'un renom qu'il ne soupçonnait guère; c'est là qu'il s'est endormi pour toujours, laissant aux générations nouvelles l'exemple d'une vie rendue féconde par un passionné labeur, par une noble indépendance et par la flamme d'un talent qui confinait au génie.

E.-L. Bouvier,
Membre de l'Institut,
Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

L'INDUSTRIE MINÉRALE A MADAGASCAR

SON HISTOIRE. — SON ÉTAT ACTUEL

DEUXIÈME PARTIE : MINÉRAUX NON MÉTALLIQUES [1]

IV. — Pierres précieuses et pierres fines

Le capitaine Jean Fonteneau, dit Alphonse le Saintongeois, qui a relâché en 1547 dans la baie de Boina et qui est le second Français ayant abordé à Madagascar, dit qu' « en cette île, il y a de la pierrerie », et, depuis, de nombreux voyageurs et colons ont vanté sa richesse en pierres précieuses; quelques-uns, toutefois, ont constaté que « en France, on n'en faisait pas grand cas » et, en 1668, de Faye, que la Compagnie française des Indes avait envoyé contrôler ses

1. Voir la première partie de cet article dans la *Revue gén. des Sc.* du 15 novembre 1915, t. XXVI, p. 617 et suiv.

comptoirs et qui a trouvé l'île de Madagascar inférieure sous tous les rapports à la réputation qu'on lui a faite, écrit que « la Compagnie a été trompée au sujet des pierreries (topazes et améthystes de la rivière d'Itaperina) dont on lui avait promis monts et merveilles et dont aux Indes on n'aurait pas donné un sol au millier. » En 1769, le Gouverneur de Fort Dauphin, le marquis de Modave, envoya en France un lot de pierres soi-disant précieuses sur lesquelles il fondait de grandes espérances et qui ont été reconnues sans valeur.

Jusqu'en 1889, à l'exception de quelques béryls, grenats et autres pierres sans valeur, on ne connaissait aucune gemme de Madagascar, et les Malgaches n'avaient aucune idée de ce qu'était une pierre précieuse : ce qu'ils recherchaient comme parure, c'étaient le corail, les *harana* ou fuseaux de cornaline et les perles de verre de forme, de grosseur et de couleur variées. Les premières qu'on ait connues sont le gros et beau cristal de rubellite [1], les tourmalines de couleurs diverses, les corindons, les rubis, les spinelles, les saphirs et les zircons venant du massif de l'Ankaratra donnés au Muséum d'Histoire Naturelle par M. A. Grandidier, mais ce n'est que depuis 1903 qu'on a commencé à les recueillir méthodiquement. Les pierres précieuses ont pour principal gisement les sables d'alluvion qui proviennent de l'effritement des roches du massif cristallin par les agents atmosphériques et qui sont en même temps aurifères : les principales sont les tourmalines, les corindons (rubis, spinelles et saphirs), les béryls, les zircons, les grenats et les topazes ; leur exploitation est liée à celle de l'or en alluvions. On en trouve aussi dans leur gangue, dans les roches dont ils dérivent : tourmalines (dans les pegmatites et les granulites), béryls (dans les quartz roses) et grenats, mais les corindons, les topazes et les cymophanes proviennent tous des gisements alluvionnaires.

Le premier envoi régulier de pierres précieuses de Madagascar a eu lieu en 1904, et comprenait 7.650 gr., dont 6.900 de tourmalines, en majeure partie des rubellites (provenant d'Antandrokomby sur la rive gauche du Manandona et du Maharitra, sur un de ses affluents du nord, le Sahatany), et 750 grammes de rubis (provenant de Morarano, à 5 km. au N. O. du Mont Botrara et à 40 km. au S. O. de Tsinjoarivo). En 1905, on a exporté 7.590 gr., tous de tourmalines (3.155 de rubellites et 4.435 de tourmalines jaunes et vertes), mais c'est à partir de 1911 que ce commerce a pris un grand essor ; cette année là, en effet, la production a atteint 470 kilogs, auxquels se sont ajoutés 450 kilogs de pierres d'industrie.

Les tourmalines de Madagascar sont tantôt noires ou d'un brun foncé, tantôt bleues, mais opaques et inutilisables dans la joaillerie, tantôt d'un vert plus ou moins accusé, roses ou rouges. Elles se présentent sous la forme, soit de géodes formées de plusieurs cristaux, soit de cristaux isolés mesurant quelquefois 5 à 6 centimètres de longueur sur 3 à 4 de côté ; quelques-uns sont fort beaux et limpides et peuvent rivaliser avec ceux du Brésil, de Ceylan et de l'Oural ; mais ils sont souvent constitués par des enveloppes concentriques de couleurs différentes avec prédominence des teintes rouges et jaunes, ou bien par des zones superposées d'ordinaire roses et verdâtres. Les gisements qui ont fourni la presque totalité des pierres précieuses exportées de Madagascar depuis 1904, et dont la richesse semble diminuer lorsqu'on pousse les recherches au-dessous de quelques mètres, sont groupés dans un rayon d'une cinquantaine de kilomètres autour d'Antsirabé, mais il y en a d'autres, encore incomplètement explorés, dans les provinces d'Ambositra et de Fianarantsoa. Les rubellites, par contre, peuvent fournir des pierres utilisables en joaillerie ; elles se taillent suivant leur couleur en cabochons ou en brillants ; le prix des rubellites ordinaires, en pierres taillées de 2 à 5 carats, varie de 10 à 15 francs le carat, mais celles d'un rouge foncé se vendent plus cher (200 fr. une de 3 carats) ; il y en a une au Museum d'Histoire naturelle de Paris qui pèse environ 20 carats et qu'il est difficile de distinguer du vrai rubis d'Orient ; taillée, on estime qu'elle pourrait donner une pierre de 5 à 7 carats, valant de 150 à 200 francs le carat. Quant aux tourmalines noires qui sont incrustées en très grande quantité sous la forme de cristaux homogènes et purs dans les pegmatites et dans le quartz du massif central, surtout dans la région occidentale jusqu'au Bongolava, elles sont parfois utilisées pour remplacer le jais.

Les corindons sont très abondants en menus fragments ou en cristaux très roulés dans les alluvions aurifères du Vakinankaratra et du Betsileo, ainsi que dans le district de Betroka (région d'Ihosy). On a trouvé des saphirs d'un beau bleu foncé au sud-est du massif de l'Ankaratra, des rubis, dont quelques-uns, taillés, ont donné de belles pierres, dans le lit d'un affluent du Haut-Onivé et des corindons rosés et vert-

1. Ce cristal de tourmaline rose ou rubellite avait été remis à M. A. Grandidier par MM. Bing et Alibert. Il avait la forme d'un prisme aplati à 9 pans terminé par un rhomboèdre primitif.

pâle à l'est d'Ihosy. Il semble que ce sont les cipolins qui sont le gisement des corindons. En dehors de ces variétés colorées qui ne sont pas toutes, tant s'en faut, utilisables en bijouterie, on trouve en certains points, à la surface du sol, de gros cristaux très impurs de corindons bleuâtres ou d'un gris opâque, qui peuvent servir dans l'industrie pour leurs qualités abrasives égrisage et fabrication de meules; en 1910, trois sociétés exploitaient ces corindons industriels, dont le prix, en Europe, oscillait de 700 à 1.000 francs la tonne; presque tous les gisements sont situés dans le Betsileo. En 1913, l'exportation a dépassé 1.100 tonnes.

Les béryls de Madagascar sont souvent d'un bleu ou d'un vert pâle, de la variété aigue-marine; ils se trouvent dans les mêmes gisements que les tourmalines, tant dans la région d'Antsirabé qu'aux environs de Fianarantsoa, où ils sont souvent enchassés dans le quartz; quelquefois, cependant, ils se présentent isolés en gros cristaux de 30 à 40 centimètres de longueur sur 15 à 20 de largeur, notamment à l'ouest du Mont Tongafeno, à Antsahalava. M. Lacroix en a rapporté un au Museum qui, quoique brisé au sommet, mesure près d'un mètre de longueur. On a aussi découvert du béryl rose, très semblable d'aspect au quartz rose.

Les zircons se rencontrent en cristaux très roulés, ou en prismes quadratiques, soit incolores, soit jaunes, brunâtres ou rosés, mais les variétés hyalines sont de trop petites dimensions pour avoir une valeur marchande appréciable. Ils sont très abondants dans les sables aurifères des régions qui entourent le Massif central; on en trouve aussi dans le district d'Ikongo, dans les alluvions du Matitanana et du Zomandao, ainsi que dans la vallée du Rodo, non loin de la Montagne d'Ambre.

Les grenats sont le plus souvent « almandins », d'un rouge plus ou moins foncé. On les trouve, roulés, dans les alluvions de presque toutes les rivières venant du Massif central, où ils sont associés à des minéraux divers en cristaux nets, dans les gneiss, les pegmatites et les granulites. Des gisements, l'un à l'est de l'Ankaratra, l'autre au sud de Fianarantsoa (près du village de Mafaitra, sur la route d'Ambalavao à Ihosy), ont fourni des grenats dont la couleur rouge est comparable à celle des rubis de Siam.

Après ces diverses pierres, il faut encore citer à Madagascar les disthènes, qui se trouvent aussi bien dans les sables aurifères qu'en place dans les micaschistes de l'Imerina, mais qui sont difficiles à tailler par suite de la facilité avec laquelle ils se clivent; — les cymophanes que M. Lacroix a signalés dans les sables des environs de Maevatanana et qui, d'une belle couleur jaune, sont recherchés dans la joaillerie; — les triphanes, minéral signalé pour la première fois par Damour, sur la côte orientale, près de Farafata.

V — Pierres dures : cristal de roche, agates, etc.

Le quartz abonde dans la plus grande partie de l'île de Madagascar, l'Ouest excepté, mais c'est surtout sur la côte Nord-Est qu'on trouve du beau cristal de roche. Sur les bords du Maningory (vis-à-vis de l'île Sainte-Marie), dit Flacourt, « on peut choisir du beau cristal dont certains blocs ont 4 pieds de long ». En 1658, le capitaine La Forest, qui commandait un navire du Maréchal de la Meilleraye, a mouillé à l'embouchure du Manantsatrana, en face de la pointe sud de Sainte-Marie, pour « lester son navire de pierres de cristal qui se trouvent en amont », mais, n'ayant pu obtenir des Malgaches qui étaient occupés à récolter leur riz qu'ils lui en apportassent, il s'empara du chef et de quelques femmes pour les y contraindre; en effet, ils lui en amenèrent quelques pirogues, mais ayant réussi à l'attirer dans un village voisin de la « carrière de cristal », ils le tuèrent avec deux autres Français et s'enfuirent dans la montagne. Le reste de l'équipage, après avoir tenu conseil, relâcha les otages qui en somme n'étaient pas coupables et s'en fut à la Mer Rouge.

François Martin, le fondateur de Pondichéry, qui vint sur ces lieux quelques années après, en 1665, visita cette « carrière » où il vit « plusieurs fossés d'où avait été extrait le cristal de roche »; en ayant fait tirer avec beaucoup de peine deux gros blocs « dont l'un ne pesait pas moins de 300 livres », il les fit casser à coups de marteau et le cristal lui parut beau.

En fait, il y a fort longtemps qu'on exporte du cristal de roche de Madagascar, car déjà les immigrants arabes établis depuis le IXe ou le Xe siècle dans le Nord-Est comme dans le Nord-Ouest en expédiaient en Arabie et dans l'Inde, par la voie de Malindi, et probablement même en Chine. L'amiral hollandais Houtman, qui a relâché en 1596 dans la baie d'Antongil, dit qu'on y trouve beaucoup de cristal et, au XVIIe siècle, il y a eu, de temps en temps, un commerce d'exportation de cristal de roche en France; beaucoup de nos lustres anciens ont été faits avec du cristal de Madagascar, qui est toutefois un peu bleuté et, par conséquent, a moins de valeur que celui du Saint Gothard et du Tyrol.

Le cristal de roche et même le quartz translucide et givreux ont, aux yeux de beaucoup de Malgaches, des propriétés magiques : chez les Merina, au moment où l'on dépose sur une des tablettes du caveau le corps d'un mort, l'époux survivant y jette un caillou noir (représentant la mort) et prend dans sa main un morceau de quartz, *vato velona* (litt. : pierre vivante) comme ils l'appellent, en disant « cette pierre qui est la mienne » pendant que les assistants psalmodient un chant funèbre. Ils ont aussi l'habitude, comme quelques autres peuplades, lorsqu'ils viennent prier soit sur la tombe de leurs parents, soit auprès des cénotaphes ou pierres levées, après les avoir enduits de graisse, de déposer sur leur sommet un morceau de quartz. Le cristal de roche sert encore à certains *mpisikidy* ou diseurs de bonne aventure qui, tournés vers l'Est et ayant étalé devant eux une petite natte et mis à leur gauche la poignée de graines qui va servir à l'opération magique, en placent devant eux un morceau (souvent remplacé maintenant par un simple tesson de carafe ou de bouteille), grâce auquel le *sikidy* « pourra mieux voir dans l'obscurité de l'avenir ».

On trouve aussi à Madagascar des agates, surtout dans le Nord de l'île, en particulier aux environs du Mont de la Table, près de Vohémar, dans l'Ankarana et au sud de Mahabo, sur la Betsiboka, dans un épanchement de basalte, ainsi que dans l'Antsihanaka et le Valalafotsy, et encore des calcédoines, dont de très beaux blocs blancs aux environs de Vohémar et des blocs bruns dans le sud du Betsileo, de l'amazonite, à Ambohibeloma, etc.

VI. — Houille, lignite et graphite

On a longtemps cru qu'il existait un bassin houiller dans le Nord-Ouest de Madagascar, notamment dans la baie d'Ambavatoby, que M. Darvoy a tenté d'exploiter en 1855 : quoique cette partie de Madagascar ne fut en réalité ni occupée, ni gouvernée par les Merina, dont l'autorité à cette époque ne s'étendait pas au Nord au delà d'Anorontsangana, dès que la Reine Ranavalona I apprit que des *vazaha*, des étrangers, se permettaient de fouiller « sa terre », car elle prétendait être la maîtresse de l'île entière, elle ordonna à ses soldats d'Anorontsangana de s'emparer de ces aventuriers et de les lui amener. C'est ce qui fut fait facilement, car le site de la mine n'était éloigné du fort merina que d'une quarantaine de kilomètres et les Français n'étaient qu'au nombre de trois ; les envoyés de la Reine n'eurent donc aucune peine à exécuter les ordres de leur souveraine et, le 19 octobre 1855, ils tuaient le chef M. Darvoy et un de ses compagnons et ils emmenèrent prisonnier le troisième, qu'ils expédièrent, comme trophée de leur victoire, à Tananarive, où il fut d'ailleurs bien traité par le prince Rakoton Radama et racheté par M. Laborde. Ce bassin, soi-disant houiller, n'est en réalité, comme M. A. Grandidier en a émis l'idée dès 1884, et comme l'a démontré M. Crié en 1889, qu'un gisement de lignite appartenant au Lias supérieur, gisement qui ne semble pas pouvoir être utilement exploité. Un ingénieur français en avait cependant demandé la concession au Gouvernement malgache en 1888 et l'avait obtenue par l'entremise de M. Le Myre de Vilers. Il y a fait foncer une vingtaine de puits et a dépensé 30.000 francs sans arriver à un résultat favorable.

On trouve du reste du lignite, parfois pyriteux et donnant un combustible de mauvaise qualité, en de nombreux endroits de l'Ile, notamment près de Maevatanana ainsi qu'à l'Ouest de Tananarive.

Mais, s'il n'y a pas de bassin houiller dans le Nord de Madagascar, il ne semble heureusement pas qu'il en soit de même dans le Sud, d'où, en 1908, M. le Capitaine Colcanap écrivait : « Je viens de découvrir du terrain permien dans la région arrosée par la Sakamena (affluent Sud de l'Onilahy) ; comme dans l'hémisphère austral les gisements de houille se trouvent dans le Permien ou dans les assises qui lui sont subordonnées, il est possible que des dépôts de combustibles minéraux s'y soient accumulés en certains lieux. Les grès de l'Isalo et de la Sakamena, qui occupent une surface énorme, méritent d'attirer l'attention à ce point de vue. » Peu de temps après, au commencement de 1909, — guidé par les renseignements paléontologiques que M. le professeur Boule, du Muséum d'Histoire naturelle, lui avait adressés, — il pouvait annoncer au Gouverneur général de Madagascar la découverte d'un gisement de charbon qu'il venait de faire avec le lieutenant Dauche dans les régions de Ranohira et d'Ambohibato, et un contrôleur de mines, M. Evesque, vint y faire des sondages et en étudier la géologie. Ce bassin, qu'on croit houiller, est entouré de tous côtés par le terrain archéen et semble appartenir au Permien inférieur ; « on y a constaté l'existence d'un faisceau carbonifère comprenant quatre couches dont l'épaisseur totale de charbon mesure près de 4 m. 50. » Les gisements reconnus sont ceux d'Ianapera (situé sur la rive de l'affluent sud de l'Onilahy, de même nom, non loin de Betioka), d'Iboandro (un peu au nord-est) et d'Ambohibato (à l'est de Benanitra, et paraissant appartenir à

une couche située sur le bord droit de l'Imaloto, affluent nord de l'Onilahy.

« Le graphite ou plombagine est abondant dans plusieurs parties de Madagascar, écrivait Ellis en 1838, et est utilisé pour noircir et vernir les poteries ». Connu sous le nom de *manjarano* ou de *vanjarano*, il a été employé de tout temps pour noircir les poteries, et Laborde s'en est servi pour fabriquer les creusets où il fondait le fer et l'acier pour forger les canons et les fusils. Le graphite est très répandu à Madagascar, où on le trouve dans les terrains archéens; sur les hauts-plateaux, il est d'ordinaire en amas interstratifiés dans le gneiss, amas tantôt considérables, tantôt très réduits, tandis que dans la région orientale, il est disséminé à l'état de paillettes occupant la place du mica. Les amas graphitifères, formés de gneiss décomposés, ont quelquefois jusqu'à 20 et 30 mètres d'épaisseur contenant de 1 à 2 mètres de graphite, qui est assez facilement séparé des détritus gneissiques par un simple lavage à la main, suffisant pour amener la teneur en carbone à 80 % au moins; l'extraction s'opère généralement à ciel ouvert, et les Malgaches, qu'on paie de 0 fr. 40 à 0 fr. 80 par jour, y travaillent volontiers. Mais ce n'est qu'en 1905 qu'on a commencé à étudier scientifiquement les gisements de graphite, et à les exploiter méthodiquement; aujourd'hui, ce minéral est l'objet d'une exportation considérable. Le premier envoi fait en Europe a eu lieu en 1907 et a été de 8 tonnes 1/2; les années suivantes, l'exportation a monté progressivement à 82, 198, 545, 1536, 2732, 6099 (en 1913) et 6212 (1er semestre de 1914).

VII. — Bitume, pétrole

Le commandant Guillain a appris à Nosy Voalavo en 1842 qu'il existait dans le Milanja, au sud du mont Ambohitsosy, « des lits de bitume que les Sakalava appellent *Sakapanda*... et que les Antalaotra emploient pour calfater leurs bateaux; il est noirâtre, dur et cassant lorsqu'on le prend le matin, mais à la chaleur du soleil, il se ramollit. Les lits de ce bitume sont à fleur de terre, mais les Sakalava n'en tirent d'autre parti que d'y pousser les bœufs sauvages, les y prenant comme on prend les oiseaux à la glu ». M. E. F. Gautier en a signalé entre le mont Fonjay et Ankavandra, un à Ambohitralika [sur le Manambolomaty] et deux plus au nord sur les bord du Manambo, près de Morajenobé et près de Tsinjorano. Le lieutenant Vacher, en juin 1899, en a reconnu d'autres au nord de ceux-ci, sur les bords d'un affluent du Mitsiotaka (affluent lui-même du Ranobé) qui s'appelle *Sakopanja* (qui est le nom sakalava du bitume). Il y a encore des émergences bitumineuses dans le Sud-ouest, dans le bassin moyen du Fiherenana, et aussi dans le Nord-ouest où M. Levat et le Comte de Laborde ont découvert de nouveaux terrains pétrolifères près du village d'Ankaramy, dans la province d'Analalava.

Depuis l'occupation française, plusieurs compagnies ont entrepris des sondages, dans le but de trouver du pétrole, qu'il faut aller chercher à d'assez grandes profondeurs, celui qu'on trouve près de la surface étant, comme l'on sait, généralement épais et partiellement oxydé en bitume. La *Madagascar Oil Development C°*, compagnie anglaise au capital de 50.000 livres sterlings, fondée en 1907, a son exploitation à Folakara (à une journée de marche N.-O. d'Ankavandra). Après avoir fait pratiquer un premier sondage sans résultat, cette compagnie, à une seconde tentative, en août 1911, a rencontré à une profondeur de 180 mètres des huiles légères en abondance.

Dans la même région, à Maroboaly, la *Sakalava C°* a fait foncer deux trous de sonde et, en janvier 1914, à 80 mètres, on a atteint un pétrole léger.

A Ankaramy, où l'on avait opéré un sondage dans le but de chercher du charbon, on a trouvé à une profondeur de 87 mètres une couche de bitume.

VIII. — Autres produits minéraux utilisés par les Malgaches

Comme autres produits minéraux qu'utilisent les Malgaches, on peut citer :

Le sel, dont quelques peuplades se servent pour leur alimentation.

Ce sel est souvent extrait soit de petites sources salées, soit d'efflorescences de sulfate de soude mêlé de carbonate et de chlorure. Sur les côtes, on le tire par évaporation de l'eau de mer, comme dans les estuaires du Betsiboka et d'Ampasilava où l'on en fait un commerce important; à Diego-Suarez, il existe des salines qui ont été créées par des Européens en 1893. Dans les régions orientale et occidentale, les indigènes obtiennent fréquemment du sel par l'incinération de diverses plantes ;

Le salpêtre et le soufre, avec lesquels les Merina faisaient de la poudre de guerre.

Le salpêtre était recueilli sur les parois de certaines grottes ou obtenu par lixiviation du sol formé par du gneiss décomposé; le soufre provenait d'une solfatare située dans le Vakinankaratra, au sud d'Antsirabé, d'où les Merina le transportaient à Ambohidratrimo au N.-E. de

Tananarive où ils l'épuraient par un procédé de sublimation grossier. Il y avait, paraît-il, un autre gisement au N.-O. du lac Itasy. Les indigènes du Plateau Central faisaient aussi du soufre avec les pyrites de fer qui sont abondantes à Madagascar, notamment aux environs du mont Ibity ainsi qu'au nord d'Antsirabé et sur le versant septentrional du massif d'Ankaratra. Sur la côte de la baie d'Ampasindava, un peu au sud de l'embouchure du Kongony, il y a dans les schistes des bancs de nodules de pyrite de fer à structure radiée dont les brigands du nord-ouest se servent, non pour faire de la poudre, mais en guise de balles, *balahara* [balles de pierre] comme ils disent;

Le kaolin, qui est de bonne qualité dans le centre de l'île et sert à faire de bonne porcelaine; il y a notamment des gisements de kaolin très pur dans le Betsileo et sur le versant oriental de l'île, entre autres à Imerinarivo d'où M. Laborde faisait extraire celui qui lui servait à Soatsimanampiovana;

L'argile plastique, qui existe en beaucoup d'endroits; dans le district de Betafo et dans le Betsileo, il y a en particulier une argile bleuâtre avec laquelle les indigènes font d'excellente poterie, meilleure que celle de l'Imerina:

La pierre à chaux, qu'on trouve surtout dans le nord-ouest, dans l'ouest, et dans le centre.

Elle est tirée soit de cipolins comme dans le Betsiriry, où il y a deux gisements considérables donnant de l'excellente chaux hydraulique, l'un non loin du Dabolava, l'autre près de l'ancien poste optique du Kiranomena, soit de calcaires cristallins comme celui dont il existe un affleurement à une vingtaine de kilomètres au sud de Tananarive, soit de tufs provenant de sources calcaires tels que ceux qui avoisinent les sources thermales d'Antsirabé ou ceux de Madera (à une quarantaine de kilomètres au S.-O. de Tananarive) où il y a un rocher calcaire *maniry* [litt. : qui croit, qui se développe];

Le gypse et sulfate de chaux, qu'on exploite dans l'Imerina pour faire du plâtre et dont le principal gisement est aux environs d'Ambohimanambolo. On trouve aussi du gypse fibreux, blanc et soyeux à Antsirabé, ainsi qu'auprès du petit lac d'Andranomena. Bernier a signalé en 1834 du sulfate de chaux dans le nord-est, dans la baie d'Anilambato;

Les silex pyromaques, qui sont abondants dans certaines régions de l'ouest et du sud, et diverses variétés de quartzites.

Entre Vinanitelo et Malaimbandy, ainsi qu'à l'est de Salobé et sur le bord du Mandraré, il y a beaucoup de silex parmi lesquels les Bara et les Antanosy trouvaient les pierres à fusil nécessaires pour leurs mousquets;

Les calcoschistes, les chloritoschistes et les micaschistes latéritisés du centre et du nord, dans lesquels les Malgaches taillaient au couteau divers vases et ustensiles de ménage;

Le granit, dont on se servait surtout pour la construction des tombeaux, des cénotaphes et des monuments commémoratifs.

Les Malgaches ne sciaient pas les pierres; ils en aplanissaient la surface avec de petits marteaux pointus et les détachaient du bloc dont elles formaient la couche supérieure en chauffant avec de la bouse de vache les lignes suivant lesquelles ils voulaient la couper; puis, lorsqu'elle était rougie, ils jetaient de l'eau froide dessus. Jusqu'en 1828, époque à laquelle Cameron découvrit de la pierre à chaux dans le Centre de l'Ile et apprit aux Merina à la brûler, on cimentait ces pierres avec de l'argile rouge;

Les ardoises, qui ont été employées d'abord pour couvrir les toits des écoles des missionnaires, puis en 1869 ceux du Manjakamiadana ou Palais royal et du temple de la Reine, et dont on se sert couramment aujourd'hui. La principale des carrières d'ardoises est située à 14 kilomètres à l'ouest d'Ambositra, sur le bord de l'Ivato, non loin de la mine de cuivre d'Ambatofangehana;

Le talc, dont on trouve en certaines localités de belles feuilles, et le mica, dont on connaît des gisements tant dans le nord-ouest, dans le district d'Analalava, que dans le centre, dans la région d'Antsirabé;

L'amiante, dont on a découvert un dépôt à l'ouest de Faliarivo, à 25 kilomètres à l'ouest d'Ambositra;

Et enfin les phosphates de la région de Maevatanana, qui ont une teneur de 43 à 50 % de phosphate de chaux tribasique et qui sont probablement appelés à jouer un rôle important dans le développement agricole de Madagascar.

G. Grandidier.

RAYONS X ET STRUCTURE CRISTALLINE

PREMIÈRE PARTIE : RAYONS X

Dans un article [1] paru ici-même en 1913, nous avons fait connaître les remarquables expériences de Friedrich et Knipping, appuyées sur les déductions théoriques de Laue, qui ont mis en évidence le pouvoir réfracteur, pour les rayons X, de l'assemblage réticulaire des milieux cristallisés. Cette nouvelle méthode de recherche s'est montrée féconde entre les mains de plusieurs savants, en particulier de MM. W. H. Bragg, professeur à l'Université de Leeds, et W. L. Bragg, lecturer au Trinity College de Cambridge; ils ont accumulé sur ce sujet une série de travaux remarquables [2], qui ont fait faire des progrès importants à notre connaissance des rayons X et de la structure des cristaux. Nous voudrions essayer d'en donner ci-après un aperçu un peu détaillé.

I. — Diffraction et réflexion des rayons X.

On a émis depuis longtemps l'idée que les rayons X sont constitués par des ondulations analogues à celles de la lumière. Une preuve décisive de cette hypothèse consisterait à répéter, avec ces rayons, les expériences d'interférence qui ont mis hors de doute la nature ondulatoire des rayons lumineux ordinaires. On sait qu'un réseau optique, pour décomposer une onde lumineuse, doit posséder une constante (distance entre ses éléments) comparable à la longueur de cette onde. Des expériences de diffraction, peu concluantes, de Haga et Wind et de Walter et Pohl, ont montré que la longueur d'onde des rayons X, dans l'hypothèse ondulatoire, est excessivement faible et voisine de 10^{-8} à 10^{-9} cm., c'est-à-dire de l'ordre des distances entre les molécules d'un solide. Or il est absolument impossible de construire un réseau avec un espacement aussi faible.

L'idée géniale de Laue a été de se servir de l'arrangement régulier des atomes ou des molécules dans un cristal comme d'un réseau de diffraction approprié aux rayons X. Le problème se complique du fait que le réseau cristallin est à trois dimensions, tandis que les réseaux d'optique n'en ont que deux. Laue est cependant parvenu par le calcul à déterminer le trajet d'un pinceau de rayons X diffractés par les rangées d'atomes ou de molécules d'un cristal et la position des figures d'interférence formées par eux sur une plaque photographique. Les expériences de Friedrich et Knipping ont brillamment confirmé ses vues et démontré tout à la fois la nature ondulatoire des rayons X et la réalité de l'assemblage réticulaire de la matière dans les corps cristallisés [1].

Mais le traitement mathématique, dû à Laue, du problème de la diffraction des rayons X par les réseaux cristallins est d'une assez grande complication [2]. W. L. Bragg a montré qu'on peut

1. L. Brunet : La nature des rayons X et la structure réticulaire des corps cristallisés. *Rev. gén. des Sciences* du 15 février 1913, t. XXIV, p. 101-103.

2. Mémoires publiés dans *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, t. XVII, part I, p. 43, et surtout dans *Proc. Royal Soc.*, série A, t. LXXXVIII, p. 428; t. LXXXIX, p. 246, 248, 277, 430, 468, 575. L'ensemble de ces recherches a paru dans un livre intitulé : « X Rays and Crystal Structure », 1 vol. in-8° de 229 p. avec 75 fig. G. Bell and Sons, Londres, 1915.

1. L. Brunet : *Loc. cit.*

2. Voir le mémoire original de l'auteur (*Sitzungsber. der K. Bayerischen Akad. der Wiss.*, juin 1912, p. 363) et aussi le volume de E. Hupka : Die Interferenz der Röntgenstrahlen, F. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1914. Voici un résumé du raisonnement de Laue :

Considérons le réseau particulaire le plus général, celui du système triclinique. Les centres des atomes voisins se trouvent aux sommets de parallélipipèdes congruents. Soient a_1, a_2, a_3 les longueurs des arêtes du parallélipipède élémentaire. Les coordonnées d'un atome quelconque, d'un atome du réseau, rapportées à trois axes orthogonaux passant par le centre, seront représentées par les équations :

$$x = ma_{1x} + na_{2x} + pa_{3x}$$
$$y = ma_{1y} + na_{2y} + pa_{3y}$$
$$z = ma_{1z} + na_{2z} + pa_{3z}$$

où m, n, p sont des nombres entiers.

Sur ce réseau tombe une onde plane de longueur λ, qui se propage dans une direction faisant avec les axes de coordonnées des angles α_0, β_0, γ_0. Chacun des atomes se comporte comme un nouveau centre de vibration, envoyant de nouvelles ondes dans toutes les directions. En considérant l'effet total en un point suffisamment éloigné du cristal pour que toutes les ondes partielles soient supposées planes, et se propagent dans la même direction caractérisée par les angles α, β, γ, Laue démontre, en suivant les méthodes courantes de l'Optique, que l'intensité sera nulle pour toutes les directions ne satisfaisant pas simultanément aux trois équations :

$$a_{1x}\alpha + a_{1y}\beta + a_{1z}\gamma = h_1\lambda + a_{1x}\alpha_0 + a_{1y}\beta_0 + a_{1z}\gamma_0$$
$$a_{2x}\alpha + a_{2y}\beta + a_{2z}\gamma = h_2\lambda + a_{2x}\alpha_0 + a_{2y}\beta_0 + a_{2z}\gamma_0$$
$$a_{3x}\alpha + a_{3y}\beta + a_{3z}\gamma = h_3\lambda + a_{3x}\alpha_0 + a_{3y}\beta_0 + a_{3z}\gamma_0$$

où h_1, h_2, h_3 sont des nombres entiers.

On obtient ainsi, pour une certaine direction du rayon incident, une famille de cônes dont les axes sont les arêtes a. Comme les h sont des entiers, ces familles se composent d'une suite de cônes particuliers. Les directions dans lesquelles se produiront les maxima d'intensité seront les génératrices communes aux surfaces coniques de même sommet dont les axes sont a_1, a_2 et a_3 et qui correspondent à chaque système de valeurs entières de h_1, h_2, h_3. Le nombre de ces génératrices communes est très faible, même lorsque le faisceau de rayons incidents ne correspond pas à une longueur d'onde λ parfaitement définie, mais à une portion de spectre.

Dans le cas particulier du système cubique, $a_1 = a_2 = a_3$;

l'aborder d'une façon beaucoup plus simple et tout à fait équivalente[1].

Supposons une série de particules matérielles situées dans un plan A A (fig. 1). Quand une pulsation P P passe sur elles, chacune émet une onde diffractée, qui se propage dans toutes les

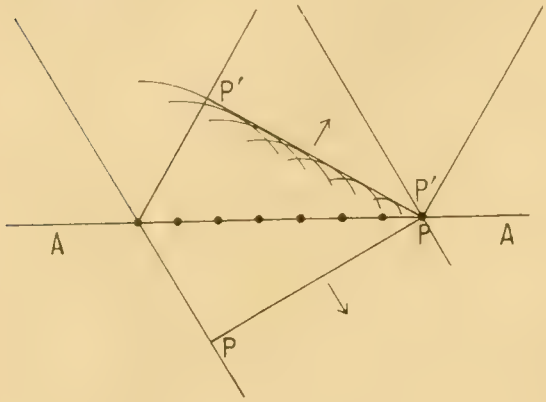


Fig. 1.

directions (les cercles de la figure représentent les ondes envoyées par les particules du plan A A). Il est clair que toutes ces ondes diffractées touchent un « front d'onde réfléchie » P' P'. C'est une simple répétition de la construction d'Huygens pour le front de l'onde réfléchie par une surface plane. Ainsi, quand une pulsation passe sur une série de particules situées dans un plan, les ondes diffractées se combinent pour former un front d'onde qui obéit aux lois de la réflexion par un plan.

Si nous passons au milieu cristallin, il est évident que ses particules possèdent cet arrangement par plans. En choisissant l'un de ces plans et cherchant la direction dans laquelle une onde serait réfléchie par ce plan et les plans parallèles, on pourra s'attendre à un maximum d'interférence dans cette direction. Il existe, il est vrai, un assez grand nombre de manières de grouper les particules suivant des plans à l'intérieur d'un cristal; mais tous ne sont pas de même importance : les plans de plus grande densité, généralement parallèles aux faces extérieures du cristal, ont une influence prépondérante. On peut donc admettre que, lorsqu'une pulsation tombe sur un cristal, son énergie diffractée se concentre en faisceaux définis, lesquels peuvent être considérés comme des réflexions faibles de la pulsation sur les faces possibles à l'intérieur du cristal.

Cette « réflexion » diffère de la réflexion vraie de la lumière ordinaire par les surfaces en ce qu'elle ne dépend pas de l'existence d'une face polie à l'extérieur du cristal, mais seulement de l'arrangement des plans à l'intérieur de celui-ci; c'est dans ce sens très spécial que le terme « réflexion » est employé dans ce qui suit.

Considérons maintenant la réflexion d'un train d'ondes régulier. Dans la figure 2, la structure cristalline est représentée par la série de plans

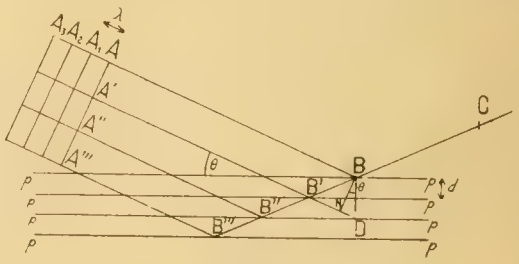


Fig. 2.

p, p, p, également distants de la quantité d ou espacement. A, A_1, A_2, A_3... représentent un train d'ondes de longueur d'onde λ qui s'approche. Choisissons les ondes qui, après réflexion, se rejoignent dans la direction B C et comparons les distances qu'elles doivent franchir à partir d'une ligne telle que A A''' avant d'atteindre le point C. Les trajets qu'elles suivent sont A B C, A' B' C, A'' B'' C, etc... Soit B N perpendiculaire à A' B', et D l'image de B par rapport au plan qui passe par B'. On a B' B = B' D et A' N = A B. La différence entre A' B' C et A B C est égale à B' D — B' N = N D, soit $2\ d \sin \theta$. De même A'' B'' C dépasse A' B' C d'une distance égale, et ainsi de suite.

Si DN est égal à la longueur de l'onde, ou à un de ses multiples, tous les trains d'ondes réfléchis par les plans p, p, p sont de même phase et leurs amplitudes s'ajoutent. Si DN diffère, même légèrement, de la longueur de l'onde, les ondes réfléchies ont toutes les relations de phases possibles entre elles et l'amplitude résultante est pratiquement nulle.

Donc, quand un train d'ondes monochromatique frappe la surface d'un cristal, la réflexion

---

les équations ci-dessus se simplifient considérablement et deviennent :

$$\alpha = h_1 \frac{\lambda}{a},\ \beta = h_2 \frac{\lambda}{a},\ 1 - \gamma = h_3 \frac{\lambda}{a}.$$

Sur un plan perpendiculaire au faisceau incident (la plaque photographique), ces cônes découpent des courbes du second degré. Pour $\alpha =$ constante et $\beta =$ constante, on obtient des hyperboles dont les axes sont perpendiculaires et dont le centre coïncide avec le point d'impact du rayon primaire ; les cônes $\gamma =$ constante forment des cercles dont le point d'impact est le centre. Les maxima d'interférences se trouvent aux points où ces cercles passent à l'intersection de deux hyperboles (voir fig. 7 et 8 de la 2e partie de cet article).

1. L'équivalence de la théorie de Laue et de celle de Bragg a été démontrée d'une façon très élégante, d'abord par Wulff (*Phys. Zeitschr.*, t. XIV, p. 217-220; 1913) et un peu plus tard par Terada (*Proc. Tokyo mathem.-phys. Soc.*, t. VII, p. 60-70; 1913).

n'a lieu que pour certaines valeurs de l'angle d'incidence. Ces valeurs sont données par les formules :

$$\lambda = 2d \sin \theta_1$$
$$2\ \lambda = 2d \sin \theta_2$$
$$3\ \lambda = 2d \sin \theta_3, \text{ etc.}$$

La réflexion sous l'angle θ_1 est appelée « réflexion du premier ordre », sous l'angle θ_2 « réflexion du second ordre », et ainsi de suite.

Passant à un autre arrangement des plans du cristal, d'un espacement différent d', la réflexion des rayons monochromatiques n'aura lieu que lorsque

$$\lambda = 2\ d' \sin \theta'_1$$
$$2\lambda = 2d' \sin \theta'_2, \text{ etc.}$$

Par conséquent, si l'on mesure les angles θ_1, θ_2, θ_3 sous lesquels la réflexion se produit, on a une relation entre λ, la longueur d'onde des rayons, et d, la constante du réseau. En employant la même face cristalline, on peut comparer les longueurs d'onde des différentes vibrations monochromatiques; en employant la même longueur d'onde, on peut comparer la distance d pour différents cristaux et différentes faces du même cristal.

On possède ainsi le moyen, d'une part, d'étudier la structure des cristaux, d'autre part, d'analyser un faisceau de rayons. L'instrument le plus adapté à ces recherches, et qui a été réalisé indépendamment par MM. Bragg et MM. Moseley et Darwin, a été désigné sous le nom de « spectromètre à rayons X ».

II. — Le spectromètre a rayons X

Ce nouvel appareil ressemble au spectromètre ordinaire dans sa construction générale. Au collimateur correspond une série de fentes étroites limitant un pinceau de rayons X, dirigé de façon à passer par l'axe de l'appareil. Un cristal, monté sur un plateau tournant, tient lieu du réseau de diffraction. La face du cristal, ou plutôt la série de plans qui agissent comme réflecteurs, renferme la direction de l'axe, et le cristal tourne autour de ce dernier jusqu'à ce que la face soit à l'angle convenable avec le pinceau incident. Le rayon réfléchi entre ensuite dans une chambre d'ionisation remplie de gaz. Cette chambre remplace le télescope ordinaire, et la mesure du courant d'ionisation par un électroscope correspond à l'observation par l'œil ou la plaque photographique.

La figure 3 représente la disposition générale de l'appareil de MM. Bragg en plan. Le tube à rayons X a une forme très spéciale : l'anticathode Q y est placée perpendiculairement au faisceau de rayons cathodiques et les rayons X la quittent sous un angle presque rasant. Ce dispositif diminue considérablement l'effet nuisible du déplacement de la tache cathodique à la

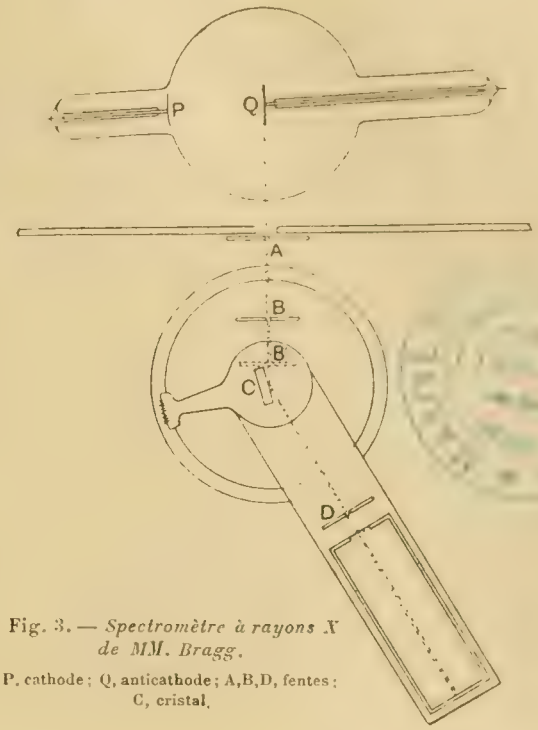


Fig. 3. — *Spectromètre à rayons X de MM. Bragg.*

P, cathode ; Q, anticathode ; A,B,D, fentes ; C, cristal.

surface de l'anticathode et donne un pinceau de rayons émis par une source intense et presque ponctuelle.

Le tube à rayons X est renfermé dans une boîte en bois, couverte d'une épaisse plaque de plomb. Les rayons en sortent par une fente très étroite A, et passent quelquefois par une seconde fente B, mobile, qui peut prendre la position B′ au voisinage immédiat du cristal C. Ce dernier est monté à la cire sur un plateau tournant, portant un bras dont l'extrémité est pourvue d'un vernier se déplaçant sur un cercle gradué.

Le pinceau de rayons X réfléchis, après avoir traversé une autre fente ajustable D, entre dans la chambre d'ionisation, montée de façon à pouvoir tourner autour du même axe vertical que le cristal C. C'est un cylindre en laiton de 15 cm. de longueur et 5 cm. de diamètre, percé d'un trou recouvert d'une mince feuille d'aluminium qui laisse entrer les rayons sans grande perte. La chambre est remplie d'un gaz absorbant fortement les rayons X et produisant un courant d'ionisation intense; on emploie généralement SO^2, mais pour les rayons très pénétrants, comme ceux donnés par les anticathodes d'Ag, Rh ou Pd, le bromure de méthyle est encore préférable.

La chambre d'ionisation I (fig. 4) est isolée et maintenue à un potentiel élevé. Son électrode intérieure est reliée par un fil fin, protégé par une enveloppe métallique, à l'électroscope à feuille d'or E, du type Wilson. La feuille d'or est éclairée par réflexion au moyen d'un miroir M et examinée à travers un microscope. Un fort pinceau réfléchi fait mouvoir la feuille à raison de 10 à 20 divisions par seconde.

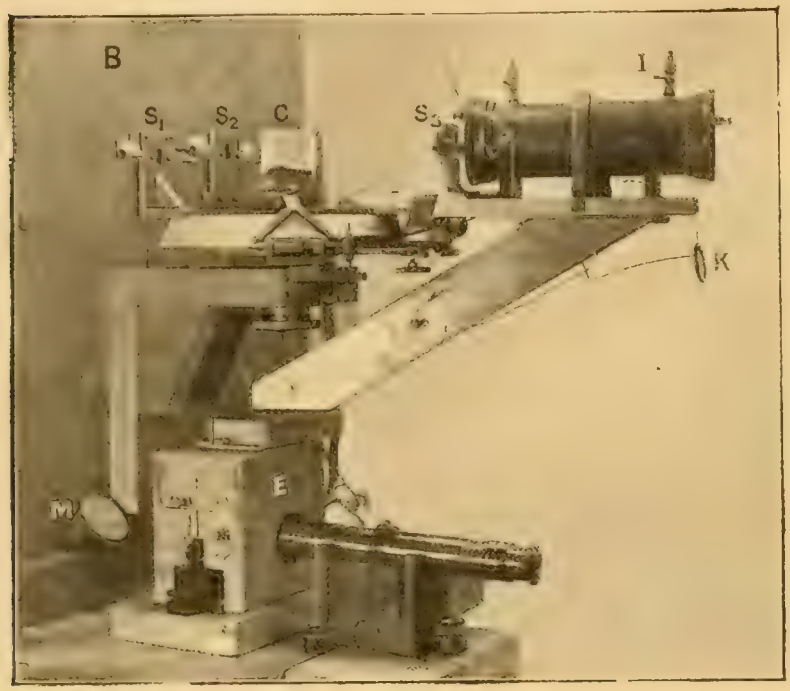


Fig. 4. — *Spectromètre à rayons X de Bragg* (Cliché de MM. Longmans, Green and Co).

B, boîte contenant un tube à rayons X; S_1, S_2, S_3, fentes ajustables; C, cristal; I, chambre d'ionisation; E, boîte renfermant l'électroscope; M, miroir; K, clef de mise à la terre.

Dans le dispositif de Moseley et Darwin[1] (fig. 5), les rayons X produits par l'anticathode A traversent les fentes P et Q et viennent se réfléchir sur le cristal K qui les renvoie au détecteur D, formé d'une boîte métallique imperméable. Ils pénètrent par une fenêtre de mica *m*, entourée d'un écran en plomb *r*, et tombent sous une incidence presque rasante sur l'un des couvercles *c* de la boîte; ce dernier forme, avec une plaque parallèle *d*, le condensateur de mesure pour l'intensité du rayonnement incident. Le condensateur X Y placé dans le tube du collimateur sert à mesurer, par ionisation également, l'intensité du rayonnement primaire; dans ce but, il est réuni à un électromètre particulier F, tandis que le détecteur est lié à l'électromètre E. Le gaz employé dans le détecteur est généralement l'hélium.

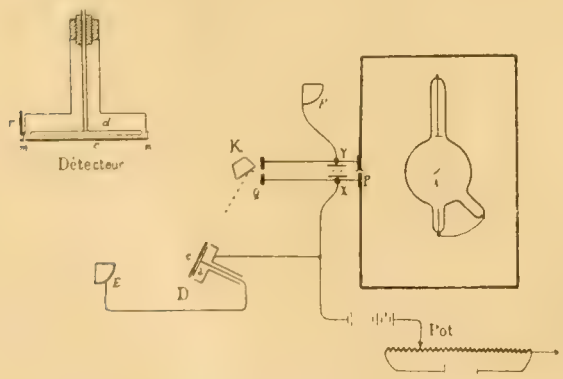


Fig. 5. — *Spectromètre à rayons X de MM. Moseley et Darwin.*

A, anticathode; P, Q, fentes; K, cristal; D, détecteur; *m*, fenêtre de mica; *r*, écran en plomb; *c*, *d*, X, Y, condensateurs; Pot, potentiomètre; E, F, électromètres.

Ce dispositif présente l'avantage de déceler les variations d'intensité qui peuvent se produire dans le faisceau primaire au cours d'une expérience, et il permet d'en tenir compte dans l'appréciation des résultats enregistrés dans le détecteur; tandis que l'appareil plus simple de Bragg suppose que l'intensité du faisceau incident est constante, ce qui n'est pas toujours le cas.

Le spectromètre à rayons X peut être employé de plusieurs façons différentes :

Dans certains cas, on fixe le cristal dans une position définie et on déplace très lentement la chambre d'ionisation, en enregistrant le courant dans chaque position successive. Soit S (fig. 6)

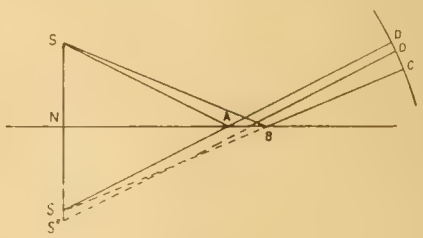


Fig. 6.

la source et A B le cristal, et faisons mouvoir la fente de la chambre d'ionisation le long de l'arc C D. Tous les rayons réfléchis paraissent venir de S', image de S par rapport à la ligne A B (pour plus de simplicité, on suppose que la couche réfléchissante est très mince, de sorte que S' peut être pris comme un point; en réalité, c'est une ligne S' S'', prolongeant la ligne S S'). Les

1. *Philosophical Magazine*, 6e sér., t. XXVI, p. 210-232; 1913.

rayons réfléchis en A ont une longueur d'onde (en ne considérant que la réflexion du premier ordre) donnée par la formule $\lambda = 2\,d \sin \theta$, où θ est l'angle S A N. Les ondes réfléchies suivant BC ont une longueur égale à $2\,d \sin$ S B N, et ainsi de suite. La radiation est donc analysée sous forme de spectre le long de C D, et en mesurant les divers angles et distances, on peut déterminer la longueur d'onde de chaque rayon particulier en fonction de $2\,d$, la constante du réseau cristallin.

Dans ce mode de procéder, la fente A (fig. 3) doit être très étroite, pour que S soit assimilable à une source presque ponctuelle. La fente B n'est pas nécessaire, mais celle de la chambre d'ionisation doit être aussi très étroite. Si le cristal est assez grand et uniforme, on enregistre ainsi un spectre assez étendu.

Moseley[1] a modifié cette première méthode en remplaçant la chambre d'ionisation par une plaque photographique. Pour diminuer l'absorption des rayons émis par les diverses anticathodes, ceux-ci sortent du tube à rayons X par une mince fenêtre en aluminium ou en pellicule d'or battu avant de passer sur le cristal; en outre, le spectroscope entier est enclos dans une enveloppe où l'on a fait le vide, car les rayons seraient absorbés par quelques centimètres d'air.

M. de Broglie[2] a utilisé une autre modification de la méthode photographique. Il monte le cristal sur un cylindre de baromètre enregistreur, tournant avec une vitesse angulaire d'environ 2° par heure; au début, le faisceau X incident est parallèle à la face considérée du cristal; l'angle d'incidence varie régulièrement avec le temps, et le faisceau réfléchi, qui tourne deux fois plus vite, vient balayer une plaque où il s'inscrit d'une façon continue. On obtient ainsi un véritable spectre de raies, ayant tout-à-fait l'aspect des photographies de spectres lumineux, et formé de la superposition de plusieurs spectres dus aux réflexions sur les plans réticulaires différents qui sont entraînés par la rotation du cristal. Enfin MM. de Broglie et Lindemann[3] ont encore indiqué une méthode qui permet d'obtenir très rapidement les spectres de rayons Röntgen. Le faisceau incident, émané d'une fente, tombe sur une lame de mica enroulée sur un cylindre fixe dont l'axe est parallèle à la fente, de façon qu'un des rayons extrêmes soit tangent à la surface du cylindre. Les divers rayons du faisceau se réfléchissent sur la surface cylindrique sous des angles régulièrement variables et viennent former simultanément un spectre sur la plaque photographique disposée normalement au faisceau incident.

Une seconde méthode d'emploi du spectromètre à rayons X consiste à faire mouvoir ensemble le cristal et la chambre, le déplacement de la seconde étant le double de celui du premier. Dans ce cas, la réflexion a toujours lieu sur la partie de la face cristalline qui est voisine de l'axe. La fente B est rendue alors très étroite, afin de définir plus nettement le pinceau incident. On remédie ainsi à l'inconvénient que les diverses parties d'une même face cristalline sont souvent hors de l'alignement les unes par rapport aux autres. Cette méthode a été fort employée à la fois pour l'étude des spectres émis par diverses anticathodes et pour déterminer les constantes des cristaux.

Dans une troisième méthode, on fait tourner le cristal pendant que la chambre d'ionisation reste immobile, sa fente étant maintenue grande ouverte. Dans ce cas, le pinceau incident doit être rendu aussi fin que possible; pour cela, la fente B est rapprochée du tube et resserrée. Lorsque le cristal se meut, chaque longueur d'onde de la radiation incidente est réfléchie à son tour.

D'une étude très complète à laquelle se sont livrés MM. Bragg, et dans les détails de laquelle nous ne pouvons entrer, il résulte qu'en général les spectres obtenus par l'une des méthodes précédentes sont d'une grande pureté et remarquablement indépendants de la divergence des rayons incidents et des irrégularités du cristal.

III — Les rayons X caractéristiques.

Avant d'exposer les résultats obtenus dans l'étude des rayons X par l'emploi du spectromètre que nous venons de décrire, nous rappellerons brièvement l'état de nos connaissances sur ces rayons avant les recherches récentes[1].

On sait que les rayons X se produisent, dans les tubes à vide, par le bombardement d'une plaque métallique, ou anticathode (Q, fig. 3), au moyen des électrons animés d'une grande vitesse, ou rayons cathodiques, émis par la cathode (P). Lorsque le vide est peu élevé, le nombre des électrons émis est considérable, mais leur vitesse est relativement lente, et les rayons X qu'ils engendrent ont un faible pouvoir pénétrant: le tube est dit « doux ». Quand le vide est très élevé,

1. *Philosophical Magazine*, déc. 1913 et avril 1914.
2. *C. R. de l'Acad. des Sc. de Paris*, t. CLVII, p. 924; 17 nov. 1913. *Journ. de Phys.*, 5e sér., t. IV, p. 101; févr. 1914.
3. *C. R. de l'Acad. des Sc. de Paris*, t. CLVIII, p. 944; 30 mars 1914.

1. Dans les pages qui suivent, nous avons fait plusieurs emprunts à l'ouvrage de G. W. C. Kaye: X Rays (Longmans, Green and Co. Londres, 1914).

et il tend à le devenir par l'usage, le nombre des électrons diminue ; ils acquièrent de plus grandes vitesses et donnent naissance à des rayons X très pénétrants : le tube est alors dit « dur ».

Un faisceau de rayons X issu d'un tube à vide est généralement de composition très mélangée, et l'interprétation des résultats obtenus avec ces rayons hétérogènes est plutôt difficile. Mais il est possible d'obtenir des faisceaux de rayons X à peu près homogènes. Par une série de recherches très importantes, Barkla et ses collaborateurs[1] ont montré qu'en faisant tomber des rayons X sur différents métaux : cuivre, argent, fer, platine, etc.., ceux-ci émettent des rayons X dits *caractéristiques*, de qualité uniforme et variable suivant le métal. La qualité de chacune de ces radiations ne dépend que du métal seul et en aucune façon des rayons excitateurs. La seule condition est que ces derniers soient plus durs que la radiation caractéristique : si les rayons primaires sont trop doux, ils n'engendrent aucune radiation caractéristique. Il se produit simultanément deux autres sortes de rayons : des rayons « dispersés », qui paraissent être identiques aux rayons excitateurs et dont la distribution est variable autour du radiateur, et des rayons « corpusculaires », très analogues, sinon identiques aux rayons cathodiques. Si l'on prend les précautions nécessaires pour éliminer ces deux catégories de rayons, dont la proportion est variable suivant le poids atomique des métaux employés, il ne reste que des radiations caractéristiques homogènes, distribuées uniformément autour du radiateur.

Une radiation caractéristique homogène perd des fractions successives égales de son énergie quand elle traverse une série de couches semblables de la même substance. L'énergie transmise I peut s'exprimer, en fonction de l'énergie initiale I_0, par la formule :

$$I = I_0 e^{-\lambda x},$$

où λ est la constante d'absorption, x l'épaisseur traversée et e la base des logarithmes népériens. En introduisant la densité ρ de la substance, cette formule prend la forme :

$$I = I_0 e^{-\frac{\lambda}{\rho}\rho x},$$

où la quantité λ/ρ est désignée sous le nom de *coefficient d'absorption de masse*. La qualité d'un faisceau homogène peut être définie par son coefficient d'absorption dans une substance prise comme type : c'est l'aluminium qui a été choisi dans ce but.

1. *Philos. Magazine*, 1908.

L'expérience a montré que le pouvoir pénétrant d'une radiation caractéristique augmente avec le poids atomique de l'élément qui l'émet ; donc la radiation caractéristique d'un atome quelconque peut exciter la radiation correspondante d'un atome plus léger, mais non celle d'un atome plus lourd.

On a reconnu, d'autre part, que certains éléments émettent au moins deux radiations caractéristiques dans des conditions appropriées. Barkla a nommé ces deux types « série K » et « série L » de radiations fluorescentes. Pour chaque métal, la radiation K est environ 300 fois plus pénétrante que la radiation L. Les deux radiations deviennent plus dures quand le poids atomique du radiateur augmente[1]. Avec les éléments de poids atomique élevé (Ag à U, allant de 108 à 239), les radiations d'un tube à rayons X ordinaire ne peuvent exciter que la radiation caractéristique L douce. Chez d'autres substances (Cr à Ce, poids atomiques allant de 52 à 140), la radiation K a seule été observée. Enfin les éléments légers (H à Mg) n'ont fourni jusqu'à présent aucune radiation (celle-ci étant sans doute très absorbable). Le tableau I indique les

Tableau I

ÉLÉMENT ÉMETTANT LA RADIATION CARACTÉRISTIQUE	λ/ρ dans Al		ÉLÉMENT ÉMETTANT LA RADIATION CARACTÉRISTIQUE	λ/ρ dans Al	
	Série K	Série L		Série K	Série L
C (12)...	-	—	Ag (108)	2,5	700
Na 23)...	—	—	Sn (119)	1,57	—
Mg (24)...	—	—	Sb (120)	1.21	435
Al 27)...	580	—	I (127)	0.92	300
S (32)...	—	—	Ba (137)	0.8	224
Ca (40)...	435	—	Ce (140)	0.6	—
Cr (52 ...	136	—	W (184)	—	30
Mn (55)...	100	—	Pt (195)	—	22.2
Fe 56)...	88.5	—	Au (197)	—	21.6
Co (59)...	71.6	—	Pb (207)	—	17.4
Ni (59)...	59.1	—	Bi (208)	—	16.1
Cu (64)...	47.7	—	RaB (214)	—	14.7
Zn (65)...	39.4	—	RaC (214)	0.042	—
As (75)...	22.5	—	Io (230)	—	8.35
Se (79 ...	18.5	—	Th (232)	—	8
Br (80)...	16.3	—	U (238)	—	7.5
Rb (85)...	10.9	—			
Sr (88)...	9.4	—			
Mo (96)...	4.8	—			
Rh (103)...	3.1	—			

1. Si l'on choisit un système de coordonnées rectangulaires et si, pour chaque élément, on porte en abscisse le logarithme du poids atomique du radiateur et en ordonnée le logarithme du coefficient d'absorption de masse de la ou des deux radiations caractéristiques, tous les points obtenus se rangent sur deux droites, dont l'inclinaison indique que la pénétrabilité est sensiblement proportionnelle à la 5e puissance du poids atomique du radiateur (E. A. Owen : *Proc. Royal Soc.*, 1912).

qualités des diverses radiations caractéristiques, exprimées par leurs coefficients d'absorption de masse dans l'aluminium[1].

Les radiations caractéristiques présentent des analogies frappantes avec les lignes d'un spectre optique ; de même qu'il existe des relations connues entre les longueurs d'onde des lignes spectrales associées, n'y en aurait-il pas aussi entre les séries K et L des rayons X ? Whiddington a trouvé une relation empirique simple entre les pouvoirs pénétrants des deux radiations et le poids atomique. Si un élément de poids atomique A_L émet une radiation douce (L) d'une certaine dureté, le poids atomique A_K de l'élément dont la radiation K est de la même dureté est donné par la formule : $A_K = \frac{1}{2}(A_L - 50)$. Chapman, à la suite de ses études sur la radiation L des métaux de poids atomique élevé, a obtenu l'expression : $A_K = \frac{1}{2}(A_L - 48)$, qui rend mieux compte des résultats obtenus.

Les radiations caractéristiques des éléments présentent le phénomène bien connu de l'absorption sélective. Un élément possède une transparence maximum pour les rayons X d'une qualité identique à celle d'une de ses propres radiations caractéristiques ; puis son absorption devient anormalement élevée pour les rayons X d'un pouvoir de pénétration un peu plus élevé que celui de l'une de ses radiations caractéristiques. Ainsi, si l'on mesure l'absorption par le cuivre d'une série de radiations X homogènes allant des rayons doux du Ca à ceux du Ce, celle-ci diminue d'abord d'une façon normale et graduelle à mesure que les rayons deviennent plus durs, pour atteindre un minimum quand les rayons X sont devenus aussi pénétrants que la radiation du Cu. Pour des rayons légèrement plus durs, l'absorption augmente rapidement ; puis, comme la dureté continue à augmenter, l'absorption recommence à diminuer et éventuellement elle reprend le type normal. La figure 7 représente, pour une série de qualités des rayons X incidents, les deux boucles de la courbe d'absorption d'un élément qui possède à la fois les radiations K et L. Cette courbe est purement schématique, la courbe d'absorption complète d'un seul élément n'ayant pu être obtenue jusqu'à présent.

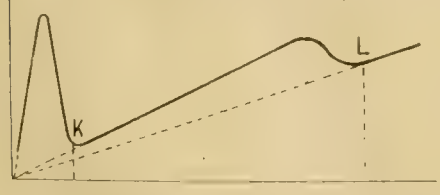


Fig. 7. — *Représentation schématique de l'absorption par un élément particulier d'une série de rayons X de qualités différentes.* — L'absorption atteint un minimum pour les rayons identiques comme qualité à l'une des radiations caractéristiques K et L de l'élément ; pour des rayons un peu plus durs, l'absorption est anormalement élevée. — En abscisses, longueurs d'onde croissantes ; en ordonnées, absorptions λ/ρ croissantes.

1. Les coefficients d'absorption sont indépendants de la température et également de l'association chimique.

La transmission sélective des diverses radiations caractéristiques apparaît bien dans les expériences de Kaye[1] sur la génération directe de ces radiations par les anticathodes des tubes à rayons X. Ce savant a montré, en effet, qu'au lieu de faire tomber un faisceau de rayons X sur un radiateur, il est préférable de constituer l'anticathode du tube par le métal du radiateur ; la majeure partie de la radiation ainsi produite est constituée par la radiation caractéristique du métal de l'anticathode, surtout si le tube est doux. En employant des écrans du même métal que l'anticathode, les autres radiations présentes sont soit absorbées, soit transformées en radiation caractéristique, et l'on obtient finalement un faisceau intense et presque pur de rayons caractéristiques.

Le tableau II montre l'effet de l'interposition du même écran métallique sur le trajet des rayons X de diverses anticathodes ; dans presque tous les cas, l'intensité des rayons transmis est fortement augmentée quand l'anticathode est de la même substance que l'écran. Pour faciliter la comparaison, l'intensité de la radiation émise par l'anticathode d'Al est égalée à 100 pour chaque écran.

Tableau II

RAYONS X d'une ANTICATHODE DE	Ecran de				
	Al	Fe	Ni	Cu	Pt
Aluminium (27).....	100	100	100	100	100
Fer (56).....	160	600	340	380	160
Nickel (59).....	180	200	740	570	220
Cuivre (64).....	210	210	810	740	270
Platine (195).....	530	450	480	480	670

Le phénomène de l'absorption sélective ressort encore mieux de l'examen du Tableau III (p. 652), qui donne, pour divers radiateurs, les coefficients d'absorption de masse (λ/ρ) des radiations caractéristiques par différents éléments absorbants.

Barkla et Collier ont reconnu que la forme des boucles d'absorption indiquée grossièrement dans la figure 7 n'est pas seulement analogue, mais identique, pour tous les éléments absorbants, à condition de choisir convenablement

1. *Philos. Trans.*, 1908.

Tableau III

ÉLÉMENT ÉMETTANT LA RADIATION CARACTÉRISTIQUE	Série	Substance absorbante											
		C (12)	Air (14,4)	Mg (24)	Al (27)	Fe (56)	Ni (59)	Cu (64)	Zn (65)	Ag (108)	Sn (119)	Pt (195)	Au (197)
Cr (52).....	K	15,3	—	126	136	104	129	143	170	580	714	517	>507
Fe (56).....	K	10,1	15,6	80	88,5	66,1	83,8	95,1	112	381	472	340	367
Co (59).....	K	7,96	12,7	63,5	71,6	67,2	67,2	75,3	91,5	314	392	281	306
Ni (59).....	K	6,58	10,5	51,8	59,1	314	56,3	61,8	74,4	262	328	236	253
Cu (64).....	K	5,22	8,43	41,4	47,7	268	62,7	53,0	60,9	214	272	194	210
Zn (65).....	K	4,26	6,96	34,7	39,4	221	265	55,5	50,1	175	225	162	178
As (75).....	K	2,49	4,10	19,3	22,5	134	166	176	203	10[illegible]	131	106	106
Se (79).....	K	2,04	3,40	15,7	18,5	116	141	150	175	87,5	112	92	102
Br (80).....	K	1,9	3,02	—	16,3	—	—	128	—	75,4	—	181	135
Rb (85).....	K	1,32	—	—	10,9	—	—	—	—	52,3	—	168	147
Sr (88).....	K	1,16	1,78	—	9,4	—	—	83,4	—	48,8	—	180	160
Mo (96).....	K	0,81	0,98	—	4,8	—	—	40,3	—	24,4	—	95,5	111
Ag (108).....	K	0,46	0,59	2,2	2,5	17,4	22,7	24,3	27,1	13,3	16,5	56,5	61,4
Sn (119).....	K	0,35	0,39	—	1,57	—	—	—	—	16,5	—	47,1	51,7
Sb (120).....	K	0,31	—	—	1,21	—	—	—	—	56,1	—	—	—
I (127).....	K	0,29	—	—	0,92	—	—	—	—	46	—	—	—
Ba (137).....	K	0,26	—	—	0,8	—	—	—	—	35,4	—	—	—
Ce (140).....	K	0,248	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—
W (18[illegible]).....	L	—	—	—	30,0	—	—	127	—	140	—	133	—
Pt (195).....	L	—	—	—	22,2	—	—	177	—	106	—	113	—
Pb (207)	L	—	—	—	17,4	—	—	139	—	77,5	—	128	—
Bi (208).....	L	—	—	—	16,1	—	—	127	—	72,9	—	125	—
Th (232).....	L	—	—	—	8,0	—	—	76,6	—	42,3	—	134	—
U (238).....	L	—	—	—	7,5	—	—	70,2	—	40	—	132	—

les échelles des coordonnées pour chaque courbe d'absorption. Autrement dit, si les échelles d'absorption et de longueur d'onde sont telles que l'absorption de la radiation K du fer dans le fer, celle de la radiation K du cuivre dans le cuivre, etc... soient toutes représentées par le même point sur le graphique, les diverses courbes d'absorption dans la région de la boucle K coïncideront par superposition; il en sera de même pour la boucle L.

IV — Les spectres de rayons X

Voyons maintenant les résultats obtenus par l'emploi du spectromètre à rayons X. Lorsqu'on fait tomber à incidence rasante sur un cristal un faisceau de rayons caractéristiques provenant d'une anticathode métallique, puis qu'on fasse tourner légèrement le cristal, on observe pour chaque angle d'incidence une certaine ionisation. Si l'on porte en abscisses les angles d'incidence et en ordonnées les intensités du faisceau réfléchi, mesurées par l'ionisation, on obtient une courbe continue, signe d'une réflexion générale des rayons sous tous les angles. Mais sur ce spectre continu se superposent, sous certains angles très nettement définis, des augmentations subites et prononcées d'intensité, se traduisant par des sommets abrupts de la courbe.

A titre d'exemple, la figure 8 représente la courbe obtenue par MM. Bragg avec les rayons d'une anticathode de platine, réfléchis sur les faces 100 et 111 du sel gemme. On y remarque trois sommets proéminents, marqués A, B et C, et

Fig 18.

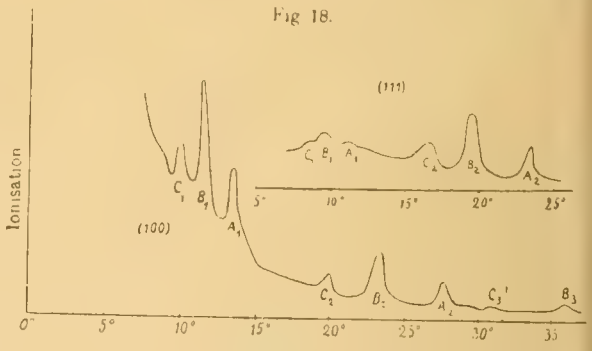


Fig. 8. — *Courbes de réflexion sur un cristal de sel gemme (faces 100 et 111) des rayons X émis par une anticathode de platine.*

repétés trois fois. Les rayons correspondant à chacun de ces sommets sont homogènes, comme le montre la détermination de leur coefficient d'absorption par l'aluminium ou d'autres métaux, coefficient d'ailleurs sensiblement égal à celui donné par Barkla pour les rayons caractéristiques du platine (voir tableau I). Ces rayons sont en relation étroite avec le platine, car les autres métaux donnent une courbe différente; d'autre part, ils sont indépendants du cristal réfléchissant, car d'autres cristaux donnent une courbe de

même forme générale et de mêmes proportions relatives.

Si l'on mesure les angles de réflexion qui correspondent aux sommets B, par exemple, on trouve les valeurs 11°55, 23°65 et 36°65, dont les sinus sont entre eux à peu près dans le rapport 1, 2, 3. En se reportant à l'analyse du phénomène de la réflexion des rayons X par les cristaux (voir p. 646-647), on en déduit immédiatement que les sommets A, B, C représentent trois séries différentes de rayons homogènes, qui se présentent ici successivement sous forme de spectres du premier, du second et du troisième ordre[1]. Les radiations caractéristiques des divers éléments se composent donc, non d'un seul constituant homogène, mais d'un groupe de rayons de longueurs d'onde bien déterminées, en mélange avec des rayons indépendants de toutes longueurs d'onde.

MM. Bragg ont étudié également les spectres de rayons X de l'osmium et de l'iridium, qui présentent en commun avec celui du platine trois groupes principaux de rayons homogènes, avec une assez forte proportion de radiation générale. Les spectres du palladium et du rhodium (fig. 9) sont très analogues l'un à l'autre ;

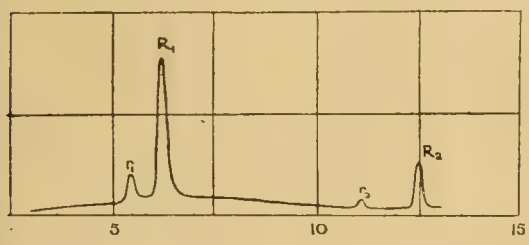


Fig. 9. — *Courbes de réflexion sur un cristal de sel gemme (plan 100) des rayons X émis par une anticathode de rhodium.*

ils sont très homogènes, au moins avec les tubes doux, et renferment peu de radiation générale. A cause de cela, MM. Bragg ont surtout employé ces deux radiations pour leurs expériences sur la structure des cristaux.

Mais c'est surtout Moseley qui a entrepris l'étude systématique des spectres émis par tous les éléments connus qui se prêtent à ce genre de recherches. Il a employé comme réflecteur un cristal de ferrocyanure de potassium, et il a enregistré les spectres par la méthode photographique. La figure 10 représente le spectre des radiations caractéristiques des métaux allant du calcium au zinc (ce dernier comme constituant du laiton). Ce spectre consiste, dans chaque cas, en deux lignes nettement définies, celle de plus grande longueur d'onde étant la plus intense ; cette dernière est, à n'en pas douter, la radiation K. Les photographies séparées sont disposées

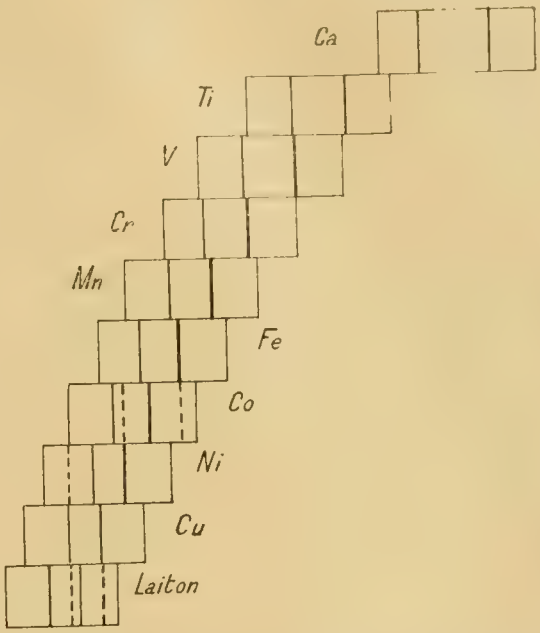


Fig. 10. — *Spectres des radiations caractéristiques des métaux du calcium au zinc (constituant du laiton).*

Les longueurs d'onde vont en croissant de gauche à droite.

suivant les longueurs d'onde croissantes, qui vont dans l'ordre inverse des poids atomiques. Le laiton présente le spectre du zinc et du cuivre, et le cobalt contient évidemment du fer et du nickel comme impuretés. C'est là une méthode nouvelle et puissante d'analyse chimique.

M. de Broglie[1], en utilisant les radiations secondaires émises par les éléments hors des tubes de Röntgen sous l'excitation d'un faisceau de rayons primaires, radiations composées surtout des rayons caractéristiques de l'élément employé[2], a obtenu également les spectres d'un certain nombre de substances.

La formule $n\ \lambda = 2\ d \sin\ \theta$ nous donne le moyen de calculer maintenant la longueur d'onde des rayons X en fonction de la distance d des plans réticulaires du cristal qui a servi à les réfléchir. Nous verrons, dans la seconde partie de cet article, comment MM. Bragg ont, pour la première fois, déterminé la valeur de d chez le

1. Moseley et Darwin, en employant leur appareil plus délicat, ont décelé 5 constituants homogènes dans la radiation du platine; en réalité, les sommets B et C sont des doublets très rapprochés.

1. *C. R. Acad. des Sc.*, t. CLVIII, p. 1493, 25 mai 1914; p. 1785, 15 juin 1914; t. CLIX, p. 304, 27 juillet 1914.

2. Cette méthode présente l'avantage de pouvoir opérer sur des corps dont on ne possède que de petites quantités et qu'on ne peut ou ne veut exposer au bombardement cathodique.

sel gemme pour les plans parallèles aux faces du cube. Cette valeur est égale à $2{,}81 \times 10^{-8}$ cm.

Les rayons du palladium sont réfléchis par les faces précédentes d'une façon exceptionnellement intense aux angles de 5°9, 11°85 et 18°15, dont les sinus sont dans le rapport 1 : 2 : 3. On se trouve donc en présence des spectres des premier, second et troisième ordres d'une forte radiation monochromatique. En considérant le 1er ordre seulement, la longueur d'onde de cette radiation sera donnée par la formule :

$$\lambda = 2 \times 2{,}81 \times 10^{-8} \sin 5^\circ{,}9 = 0{,}576 \times 10^{-8} \text{ cm.}$$

Les longueurs d'onde des rayons X monochromatiques ou homogènes émis par les divers métaux ont été calculées par la même méthode. Le tableau IV donne les valeurs de ces longueurs d'onde obtenues par Moseley, auxquelles on a ajouté quelques valeurs obtenues par M. de Broglie (marquées d'un astérisque *).

Tableau IV

	Série K			Série L	
	α	β		α	β
	10^{-8} cm.	$\times 10^{-8}$ cm.		$\times 10^{-8}$ cm.	$\times 10^{-8}$ cm.
Al	8,364	7,912	Zr	6,091	—
Si	7,142	6,729	Nb	5,749	5,507
Cl	4,750	—	Mo	5,423	5,187
K	3,759	3,463	Ru	4,861	4,660
Ca	3,368	3,094	Rh	4,622	—
Ti	2,758	2,524	Pd	4,385	4,168
V	2,519	2,297	Ag	4,170	—
Cr	2,301	2,093	Sn	3,619	—
Mn	2,111	1,818	Sb	3,458	3,245
Fe	1,946	1,765	La	2,676	2,471
Co	1,798	1,629	Ce	2,567	2,360
Ni	1,662	1,506	Pr	2,471	2,265
Cu	1,549	1,402	Nd	2,382	2,175
Zn	1,445	1,306	Sa	2,208	2,008
*Ga	1,35	—	Eu	2,130	1,925
*Ge	1,25	—	Gd	2,057	1,853
Y	0,838	—	Ho	1,914	1,711
Zr	0,794	—	Er	1,790	1,591
Nb	0,750	—	Ta	1,525	1,330
Mo	0,721	—	W	1,486	—
Ru	0,638	—	Os	1,397	1,201
Pd	0,584	—	Ir	1,354	1,155
Ag	0,560	—	Pt	1,316	1,121
*Sn	0,50	0,43	Au	1,287	1,092
*Sb	0,48	0,41			
*La	0,38	—			

Les résultats expérimentaux qui précèdent peuvent être comparés avec les déductions de certaines théories de la radiation.

Ainsi Bragg a mesuré le coefficient d'absorption de masse dans l'aluminium des rayons constituant le sommet B du platine et l'a trouvé égal à 23,7. Cette valeur correspond soit à la radiation K carastéristique d'un élément de poids atomique 72,5, soit à la radiation L caractéristique d'un élément de poids atomique 198. Or le poids atomique du platine est 195 ; la concordance est trop étroite pour être fortuite, et il n'est pas douteux que le sommet B est dû à la radiation L.

D'après l'hypothèse de Planck, quand un vibrateur produit des ondes dans l'éther, la quantité d'énergie émise est un multiple exact d'une certaine unité ou quantum, ou $h\nu$, ν étant la fréquence ou nombre de vibrations émises par seconde, et h une constante égale à $6{,}55 \times 10^{-27}$ erg-sec. D'après Planck également, l'énergie cathodique nécessaire pour exciter la radiation K doit être égale à celle du rayon X excité. Choisissons la radiation ci-dessus du platine. Le calcul de sa longueur d'onde donne $1{,}10 \times 10^{-8}$ cm. ; sa fréquence ν est égale à la vitesse de la lumière divisée par sa longueur d'onde, et le produit $h\nu$ est égal à $1{,}78 \times 10^{-8}$ erg. D'autre part, la règle de Whiddington pour les radiations K permet de calculer l'énergie cathodique nécessaire pour exciter la radiation K d'un atome de poids atomique 72,5 (équivalente à celle qui excite la radiation L du platine) ; cette énergie est égale à environ 2×10^{-8} erg. La concordance est suffisante et constitue une nouvelle vérification de la théorie de Planck.

Les recherches de Whiddington ont également montré que l'énergie d'un rayon X caractéristique est à peu près proportionnelle au carré du poids atomique; en même temps, la théorie de la radiation de Planck indique qu'elle est inversément proportionnelle à sa longueur d'onde. Les valeurs du tableau IV permettent de vérifier l'exactitude de ces relations. En prenant comme base de référence un des métaux intermédiaires, le cobalt, et calculant, pour une douzaine d'éléments, les valeurs relatives du carré des poids atomiques a^2 et de l'inverse des longueurs d'ondes $1/l$ de la radiation K forte, on obtient les chiffres suivants :

	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni[1]	Co	Cu	Zn	Rh	Pd
a^2	46	66	75	78	86	90	99	**100**	116	123	304	328
$1/l$	53	65	72	78	85	92	108	**100**	116	124	298	314

qui montrent, sur une échelle étendue, une concordance très satisfaisante.

Mais une relation plus intéressante encore est celle que Moseley a découverte entre la fréquence ν des rayons homologues des différents éléments et ce qu'il appelle le *nombre atomique* N. Il montre qu'on a très approximativement :

$$\nu = A\,(N - a)^2,$$

1. Le nickel se comporte, au point de vue des rayons X, comme un élément de poids atomique 61, 5.

où A et a sont deux constantes et N un nombre entier, qui indique l'ordre des atomes dans la table périodique des éléments.

Moseley a calculé les valeurs de A et a pour les rayons $K\alpha$ et $L\alpha$, et ensuite les valeurs de N, en attribuant à Al la valeur N = 13. L'ordre des éléments défini par les valeurs calculées de N est le même que celui des poids atomiques croissants, à l'exception de l'argon et du potassium, du cobalt et du nickel, du tellure et de l'iode, dont les places sont interverties.

Le nombre atomique[1], que ces expériences font ressortir d'une façon si frappante, doit donc représenter quelque propriété fondamentale de l'atome. Or, la théorie de Rutherford suppose que l'atome est constitué par un noyau positivement électrisé, entouré par une ou plusieurs enveloppes d'électrons négatifs, de charge équivalente à celle du noyau. Rutherford et Geiger ont montré que la grandeur de la charge nucléaire est N e, où e est la charge de l'électron et N un nombre approximativement égal à la moitié du poids atomique, c'est-à-dire très voisin du nombre atomique. Les relations entre les rayons X et les atomes étant fondamentales (puisque l'absorption des rayons X par les substances est tout à fait indépendante de l'état physique ou de la combinaison chimique), on peut supposer que la longueur d'onde des rayons caractéristiques dépend directement de la grandeur de la charge nucléaire et que la fréquence augmente régulièrement avec cette dernière.

Moseley a comparé ses résultats expérimentaux avec cette théorie. Pour cela, il s'est servi d'une formule due à Bohr[2] :

$$\nu = \frac{2\pi^2 m e^2 E^2}{h^3}\left(\frac{1}{\tau_2^2} - \frac{1}{\tau_1^2}\right),$$

où ν est la fréquence de la radiation atomique, e la charge de l'électron, m sa masse, E la charge nucléaire, h la constante de Planck et τ_1 et τ_2 des nombres entiers[1]. Si l'on pose $\tau_2 = 1$ et $\tau_1 = 2$, et si l'on donne à E la valeur N e, où N est le nombre atomique, la fréquence donnée par la formule ci-dessus est égale à celle de la ligne la plus intense dans le spectre à deux lignes des rayons X pour les substances placées entre Al et Ag. Prenant comme exemple le palladium, pour lequel N = 46, on trouve $\nu = 5{,}21 \times 10^{18}$, d'où on tire pour la longueur d'onde la valeur $0{,}576 \times 10^{-8}$, qui concorde remarquablement avec la valeur expérimentale (voir tableau IV).

L'ensemble de ces recherches permet d'introduire d'une façon définitive les rayons X dans la série des ondulations électromagnétiques, où ils se rangent à l'opposé des oscillations hertziennes, n'étant eux-mêmes dépassés, sous le rapport de la petitesse de la longueur d'onde, que par les rayons γ des transformations radio-actives[2]. Voici le tableau actuel des diverses radiations électromagnétiques, avec leurs longueurs d'onde :

Espèce d'onde	Longueur d'onde en cm.
—	—
Ondes hertziennes	10^6 à 0,4
Rayons infra-rouges	0,013 à $7{,}7 \times 10^{-5}$
— lumineux visibles	$7{,}7 \times 10^{-5}$ à $3{,}6 \times 10^{-5}$
— ultraviolets	$3{,}6 \times 10^{-5}$ à 10^{-5}
Entladungstrahlen	environ 10^{-6} (?)
Rayons X	— 10^{-8}
— γ	— 10^{-9} (?)

Dans une seconde partie, nous examinerons les résultats que l'emploi des rayons X a permis d'obtenir dans l'étude de la structure des cristaux.

Louis Brunet.

1. Rydberg (*Rev. gén. des Sc.*, t. XXV, p. 734; 30 août-30 sept. 1914) est arrivé par une autre voie à la même notion. Mais ses nombres atomiques diffèrent de 2 unités de ceux de Moseley, l'aluminium ayant le nombre 15 au lieu de 13.

2. *Philos. Mag.*, t. XXVI, p. 1, 476, 857; juillet, sept. et nov. 1913.

1. En donnant à τ_1 et τ_2 diverses valeurs entières, cette formule donne les séries de Balmer, de Paschen et de Ritz.

2. Ces rayons, qui paraissent être des rayons X très pénétrants, ont été soumis par Rutherford et Andrade (*Phil. Mag.*, 1914) à la réflexion cristalline; ces auteurs ont obtenu un groupe de rayons homogènes, dont l'un paraît être une radiation L caractéristique.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

Sciences naturelles

Mawson (Sir Douglas), *D. Sc., B. E.* — **The Home of the Blizzard,** *being the Story of the Australasian Expedition,* 1911-1914. — *2 vol. gr. in-8° : vol. I,* XXX-*349 pages avec 17 figures, 1 frontispice en photogravure, 8 planches en couleur et 110 planches en similigravure contenant 140 photographies ; vol. II,* XIII-*338 pages avec 20 figures, 1 frontispice en photogravure, 10 planches en couleur, 93 planches en similigravure contenant 123 photographies et 3 cartes dans une pochette. (Prix : 36 sh. net). William Heinemann, éditeur, Londres, s. d.* [1915].

Les lecteurs de la *Revue générale des Sciences* connaissent déjà les dramatiques péripéties de l'Expédition partie de Hobart (Tasmanie) sur l'*Aurora*, le 2 décembre 1911, dans le dessein d'explorer les Terres Australes. Il s'agissait, on s'en souvient, d'étudier le secteur de l'Antarctide encore complètement inconnu, qui s'étend au Sud de l'Océan Indien et de l'Australie, en bordure du cercle Polaire, entre 90° et 150° de long. E. (Gr.) environ, — c'est-à-dire entre la Terre de Victoria, objet des mémorables découvertes de Ross, de Shackleton et de Scott, à l'Est, et le Mont Gauss, théâtre des recherches de Drygalski et de ses compagnons, à l'Ouest.

Dumont d'Urville, dès 1840, avait bien signalé dans ces parages la présence d'une ligne de côtes, à laquelle il avait donné le nom de Terre Adélie; et, la même année, l'amiral américain Wilkes indiquait, lui aussi, plusieurs terres vaguement entrevues à travers les neiges et les brouillards. Mais ces renseignements manquaient de précision, et l'on peut dire que, sur 1800 kilomètres au moins, la véritable position du rivage septentrional du Continent Antarctique restait à déterminer. Tel était, donc, l'objectif principal que l'Expédition équipée en Australie se proposait d'atteindre.

Le chef éminent et énergique qui la dirigeait, le Dr (aujourd'hui Sir) Douglas Mawson — professeur de Géologie à l'Université d'Adelaïde, et qui avait déjà lui-même fait partie de la Mission Shackleton — vient d'en faire paraître un récit détaillé et d'en exposer les résultats généraux dans un magnifique ouvrage, en deux volumes, portant le titre, tout à fait justifié, de *The Home of the Blizzard* (« Au Pays des tempêtes de neige »). C'est qu'en effet la partie du Continent Antarctique où s'est déroulée cette campagne de trois ans (1911-1914) est certainement, de toutes les régions du globe, celle où la vitesse du vent atteint, pendant le plus grand nombre de jours, les valeurs les plus élevées; l'auteur en cite, parmi beaucoup d'autres, un exemple caractéristique : le 14 mai 1912, à la Terre Adélie, la vitesse moyenne a été de 90,1 milles anglais (145 kilom.) pendant 24 heures consécutives, avec un maximum horaire de 97 milles, c'est-à-dire 156 kilom. (I, p. 117). Cette puissance formidable des tempêtes a frappé tous les voyageurs qui ont fréquenté les hautes latitudes de l'hémisphère austral; et le graphique de la page 118 montre que, dans le secteur exploré par Sir Douglas Mawson, si la température, pendant les mois de mai et de juin, est analogue à celle qui règne plus à l'Est, dans les parages bien connus de la Terre de Victoria, la vitesse du vent est deux ou trois fois plus forte. Les photographies placées en regard des pages 120 à 132 témoignent de la difficulté qu'un homme robuste éprouve à se maintenir debout, quand le vent souffle avec une pareille violence. Et c'est justement à cette poussée continuelle de l'air, soufflant sans désemparer du S. S. E., qu'est due la présence, au voisinage de la Terre Adélie, d'une mer à peu près libre, à laquelle Sir Douglas Mawson a donné le nom de Mer d'Urville et qui a grandement facilité la tâche des explorateurs.

Il est inutile de revenir sur l'historique de ce beau et fructueux voyage, dont M. G. Regelsperger indiquait ici même, l'année dernière, les événements principaux[1], au nombre desquels il faut malheureusement compter la perte de deux des membres de l'Expédition : le lieutenant Ninnis, disparu dans une crevasse, le 14 décembre 1912, au cours d'un raid en traîneau sur la glace de la Terre du Roi George V, et un jeune savant de Bâle, le Dr Xavier Mertz, mort de froid et de fatigue quelques jours plus tard. Les pages dans lesquelles Sir Douglas Mawson fait le récit de cette double catastrophe, qui le laissait seul, au milieu d'une nature hostile entre toutes, sont parmi les plus poignantes qu'on puisse lire dans les annales de l'exploration polaire, déjà si riches, cependant, en actes de courage soutenus et en sacrifices librement consentis pour la Science.

La forme narrative adoptée dans la rédaction de l'ouvrage se prêtant mal à une analyse méthodique, l'on ne peut, ici, qu'y relever quelques traits.

Et d'abord, l'illustration, de tous points remarquable : c'est vraiment un tour de force que d'être parvenu à consacrer, sans tomber dans la monotonie, près de trois cents photographies à une contrée d'où les éléments ordinaires du paysage sont presque toujours exclus, et où les neiges et les glaces ne laissent que bien rarement apparaître quelques parcelles du tréfonds de roches solides enfoui sous leur masse impénétrable. A la Terre Adélie et dans les autres tronçons de côtes visités par l'Expédition, il n'existe pas, en effet, pour captiver les regards du spectateur comme à la Terre de Victoria ou dans les « Antarctandes », des chaînes de montagnes élevées et puissantes, ou de grands cônes volcaniques isolés comme le Mont Erebus. En dehors des colorations de l'atmosphère et du tracé du littoral, l'intérêt se concentre exclusivement sur l'enveloppe immaculée de la mer et du continent : *pack*, banquises de tout âge et de toute taille, *icebergs* et *floes* aplatis, falaises de glace séculaires, rides parallèles, crevasses et *sastrugi*..., il y a là tout un monde de formes étranges et nouvelles, dont les deux volumes de Sir Douglas Mawson fournissent la plus riche et la plus attachante iconographie. Les admirables clichés de M. Frank Hurley, en particulier, d'après lesquels ont été exécutées la plupart des planches qui ornent le premier volume, sont d'une rare perfection; ses panoramas (I, p. 68, 98, etc.) font très bien comprendre la façon dont la calotte glaciaire qui occupe l'intérieur s'abaisse lentement, en approchant du rivage, où la chute de fragments en avive sans cesse la tranche escarpée. Les photographies en couleur de P. E. Correll (I, p. 2, 60, 108, 130, 172; II, p. 2, 32), avec leurs indigos et leurs tonalités grisâtres, ne sont pas moins dignes de retenir les yeux, de même que la belle épreuve autochrome du Dr Mertz, intitulée : « le feu des Alpes » (I, p. 156).

A côté des glaces et des neiges, la nature antarctique, par le spectacle des êtres vivants qui l'anime, offre encore d'inépuisables sujets aux photographes. Ceux de l'*Aurora* n'ont pas manqué d'en tirer un excellent parti, et l'on trouvera, principalement au tome II de *The Home of the Blizzard*, à propos de l'île Macquarie, une très belle série d'images, instructives et souvent amusantes, où Phoques et Pingouins occupent, comme l'exige la tradition des voyages au Pôle Sud, une place privilégiée. Le dépliant s'ouvrant en regard de la

1. *Revue générale des Sciences*, 25e année, n° 12, 30 juin 1914, p. 583-584.

page 226 rend d'une façon saisissante le prodigieux grouillement d'une armée d'oiseaux appartenant à l'espèce dite Pingouin Royal (*Catarrhactes Schlegeli*) et remplissant le fond et les versants d'une vallée, qu'ils occupent en rangs serrés jusqu'à la grève.

Passons au texte : il a été rédigé, pour la plus grande partie, par Sir Douglas Mawson en personne, assisté du Dr A. L. McLean, médecin en chef et bactériologiste de l'Expédition. Le tome I tout entier est le résultat de cette collaboration, sauf les trois derniers chapitres (XIV. A la recherche du Pôle magnétique, par R. Bage; XV. Vers l'Est, sur la glace de mer, par C. T. Madigan; et XVI. Horn Bluff et la Pointe des Pingouins, par le même). Au tome II, le concours des chefs d'escouade, qui racontent chacun les aventures et les travaux de leurs groupes respectifs, se marque de façon plus visible : le Capitaine de l'*Aurora*, J. K. Davis, décrit d'abord son navire (chap. XVIII); F. Wild fait connaître la base occidentale, baptisée par l'Expédition Terre de la Reine Mary (chap. XIX, XXI) et où s'opère la jonction avec la Terre découverte par l'Expédition du *Gauss* en 1902; enfin, G. F. Ainsworth consacre quatre-vingt-huit pages à l'Ile Macquarie (chap. XXV, XXVI, XXVII), où une équipe de naturalistes a séjourné pendant toute la durée du voyage, et où elle a recueilli de précieux documents scientifiques (voir les cartes topographiques : I, p. 31, échelle de 1 : 200 000, courbes de niveau équidistantes de 200 pieds; II, p. 176 : partie Nord de l'Ile, échelle de 1 mille au pouce ou 1 : 63 360, équidistance 50 pieds).

En attendant la publication détaillée de ces résultats, réservée à un ouvrage spécial pour lequel une somme de 8 000 livres sterling a été prévue (II, p. 312), on consultera utilement, au tome second, l'Appendice II (p. 291-296) qui, sous une forme concise, en résume les traits essentiels. Bornons-nous à noter les suivants:

L'Ile Macquarie est exclusivement constituée par des roches volcaniques; elle a été recouverte, à une époque récente, par une calotte de glace qui se déplaçait de l'Ouest à l'Est.

A la Terre Adélie, les affleurements rocheux ne montrent que des terrains métamorphiques et des gneiss.

La Terre du Roi George V présente à la fois des sédiments horizontaux arénacés, avec lits charbonneux, analogues au *Beacon Sandstone* de la Terre de Victoria, et des dolérites se désagrégeant en colonnes prismatiques (I, p. 332-336). Les débris recueillis dans les moraines, au voisinage des quartiers d'hiver, montrent que cette formation se poursuit sur de grandes distances, vers l'Ouest, au-dessous de la calotte de glace[1].

Dans la région occidentale (Terre de la Reine Mary), les gneiss et les schistes prédominent.

De nombreux échantillons de roches d'origine erratique ont été recueillis au cours des sondages profonds exécutés par l'*Aurora* dans les eaux antarctiques.

Voilà pour la Géologie. — Au point de vue géographique, la Mission a pu, d'abord, déterminer, au moyen de la télégraphie sans fil, la longitude exacte d'une station fondamentale, située à la Terre Adélie. En fait d'itinéraires nouveaux, ses membres ont relevé 2 400 milles anglais (3 860 kilom.) au voisinage de la base orientale, et 800 milles (près de 1 300 kilom.) autour de la base occidentale, sur une étendue totale de 33°, dont 27° couverts en traineau.

1. La découverte toute récente d'empreintes de *Glossopteris* dans le Beacon Sandstone de la Terre de Victoria a permis au Prof. Seward de fixer définitivement l'âge de ce niveau, qui vient ainsi se paralléliser avec les horizons similaires de l'Inde, de l'Australie, de l'Afrique du Sud et du Brésil. La présence de cette fougère aux abords du Pôle Sud confirme en même temps d'une façon éclatante l'hypothèse d'un ancien Continent Austral, le *Continent de Gondwana*, souvent invoquée pour rendre compte de la répartition de la flore fossile qu'elle caractérise : A. C. Seward : *Antarctic Fossil Plants. British Antarctic (Terra Nova) Expedition, 1910. Natural History Report, Geology*, Vol. I, n° 1. In-4°, 49 pages, 6 fig., 3 cartes et 8 pl. London, 1914 (British Museum, Natural History).

En mer, la forme du socle qui précède le Continent Antarctique a pu être reconnue par de nombreux sondages, sur 55° en longitude[1]. La configuration du lit de l'Océan entre l'Australie et le Cercle Polaire a été précisée : c'est une immense cuvette dont la profondeur va en augmentant de 4 000 mètres en moyenne, dans l'Est, à 6 000 mètres (fosse de Jeffreys) dans le Nord-Ouest (voir le t. II, p. 295 : coupe). Au Sud de la Tasmanie s'étend une sorte de bosse assez importante, qui a reçu le nom de *Mill Rise*; par contre, un couloir profond sépare l'Ile Macquarie du plateau sous-marin que couronne l'Ile Auckland.

L'étude de la température et de la salinité des eaux marines n'a pas été négligée.

En Météorologie, il faut porter à l'actif de Sir Douglas Mawson et de ses compagnons : deux années complètes d'observations à l'Ile Macquarie (G. F. Ainsworth); deux années à la Terre Adélie (C. T. Madigan); et une année à la Terre de la Reine Mary (M. H. Moyes), — sans compter les observations faites à bord de l'*Aurora*, pendant ses cinq voyages d'allée et venue entre Hobart et la banquise, et au cours des raids en traineau à partir des bases permanentes.

Les marées ont été étudiées dans deux stations avec des appareils enregistreurs.

Le magnétisme terrestre a fait l'objet d'efforts tout particuliers : observations régulières simultanées avec Melbourne et Christchurch, déterminations en divers lieux de l'inclinaison et de la déclinaison, etc. Signalons encore, dans ce domaine, les observations relatives aux aurores polaires.

L'étude de l'eau solide, sous toutes ses formes, était, cela va sans dire, au premier plan du programme des travaux de la Mission.

Quant à la Biologie, elle est représentée par des collections très nombreuses, intéressant la faune tant marine que terrestre. Plusieurs espèces nouvelles ont été découvertes, et les œufs de divers oiseaux antarctiques recueillis pour la première fois. Les parasites des Pingouins, des Phoques et de divers Poissons ont été étudiés. Des observations bactériologiques, hématologiques et physiologiques variées ont été consignées par les naturalistes et les médecins de l'*Aurora*.

Deux mots, pour finir, sur les cartes, construites par A. J. Hodgeman et qui ont déjà paru dans le n° de septembre 1914 du *Geographical Journal*. L'une représente, à l'échelle de 1 : 1 000 000, la Terre du Roi George V; on y voit deux énormes langues de glace, prolongement des glaciers de Ninnis et de Mertz, s'avancer au loin en flottant sur la mer, tandis que le continent se relève progressivement, dans l'intérieur, jusqu'à 4 500 pieds (1 300 à 1.400 m.). Une seconde carte, établie à 1 : 1 500 000, figure la Terre de la Reine Mary, dont le relief paraît moins régulier, et où un glacier à pente beaucoup plus rapide, le glacier de Denman, vient déboucher en cascade sur la banquise qui a reçu le nom de *Shackleton Shelf*. Peut-être n'est-il pas interdit de penser que la vue des cartes de la Mission Charcot a été pour quelque chose dans la manière dont a été traité le manteau de frimas qui enveloppe ce secteur, naguère inexploré, de l'Antarctide[2].

Emm. de Margerie,
Ancien Président de la Commission Centrale
de la Société de Géographie.

1. La plupart de ces sondages ont été utilisés dans la 2e édition de la *Carte générale bathymétrique des Océans* dressée sous les auspices de S. A. S. le Prince de Monaco, feuille B'III (portant la date du 1er juin 1914). Il n'a pu, malheureusement, en être de même pour le trait de côte, les limites de la banquise et la forme des glaciers, les cartes définitives de l'Expédition Mawson n'ayant pas encore paru au moment de la mise à jour de cette feuille.

2. Il n'est pas sans intérêt de connaître ce qu'a coûté, tous frais déduits (moins les publications), l'Expédition Mawson : 56 732 livres sterling, lit-on à l'Appendice VI (tome II, p. 312), — c'est-à-dire plus de quatorze cent mille francs.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 26 Octobre 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **H. Arctowski** : *Sur les variations des rapports entre facules et taches solaires.* L'auteur a déterminé pendant une période de 11 ans les rapports par quotient entre les facules et les taches solaires. Dans cette période, il y a 5 maxima des quotients, dont le premier coïncide avec le minimum de taches ou le suit de très près, dont le second se trouve entre le minimum et le maximum et dont les trois autres se trouvent entre le maximum et le minimum de la courbe des taches solaires. Ces variations ressemblent beaucoup aux variations climatiques que l'auteur a appelées « thermopléioniennes équatoriales » du type d'Arequipa.

2° Sciences physiques. — M. **St. Procopiu** : *La force électromotrice de mouvement.* On sait que tout déplacement relatif du liquide et de l'électrode, dans un élément galvanique, est accompagné d'une variation de la f. é. m., que l'auteur désigne sous le nom de *f. é. m. de mouvement.* Cette f. é. m. de mouvement, dans les liquides à cathion H (eau, acides), suit la série continue des tensions osmotiques des métaux : les métaux qui ont une pression osmotique de dissolution moindre que celle de H deviennent négatifs, ceux qui ont une pression plus grande deviennent positifs. Dans un liquide à cathion K (KOH), tous les métaux deviennent négatifs par mouvement. Quand la solution possède le même cathion que celui de l'électrode, le métal devient toujours positif par le mouvement. — MM. **H. Le Chatelier** et **B. Bogitch** : *Sur la préparation des nitrates alcalins en partant du nitrate de chaux.* La réaction du nitrate de chaux de Norvège sur les sulfates alcalins est simple : $(NO^3)^2\ Ca + SO^4\ (NH^4)^2 = 2\ NO^3NH^4 + SO^4Ca$, et sensiblement complète par suite de la faible solubilité du sulfate de chaux. Mais la séparation du sulfate de chaux est presque impossible à cause de la finesse du précipité. Le contact prolongé du précipité avec les dissolutions à 100° ne produit pas une transformation suffisante du précipité pour faciliter la filtration en grandes quantités. Par contre, le chauffage à 150° en tubes scellés transforme le précipité en une masse sableuse cristalline facile à décanter. Les cristaux formés paraissent être des cristaux mixtes de sulfate de chaux anhydre et de sulfate hémihydraté. — M. **F. Wallerant** : *Sur quelques particularités cristallographiques du nitrate d'aniline.* Le nitrate d'aniline, cristallisé dans l'eau, se présente en lamelles très aplaties suivant les faces g^1, tandis que, cristallisé dans l'alcool, il se présente en octaèdres presque parfaits. D'autre part, le nitrate d'aniline est dimorphe : orthorhombique à la température ordinaire, il se transforme, à 97°,6, en cristaux monocliniques. La transformation est réversible et indirecte.

Séance du 2 Novembre 1915

M. le Président annonce le décès de M. **Ch.-J. Bouchard**, membre de la Section de Médecine et Chirurgie.

1° Sciences physiques. — M. **P. Zeeman** : *L'expérience de Fizeau pour différentes couleurs du spectre.* L'auteur a répété l'expérience de Fizeau sur l'entraînement des ondes lumineuses par l'eau en mouvement en se servant du dispositif de Michelson, mais en utilisant des lumières rigoureusement monochromatiques. Les résultats obtenus concordent avec les valeurs calculées non par la formule simple de Fresnel $1 - \frac{1}{n^2}$, mais par la formule complète de Lorentz $1 - \frac{1}{n^2} - \frac{\lambda}{n}\frac{dn}{d\lambda}$, qui tient compte du changement de fréquence de Doppler. — M. **J. Bergonié** : *La puissance électrique absorbée par l'électro-vibreur. Conditions du meilleur emploi de cet appareil.* L'auteur montre que l'électro-vibreur actuel doit absorber aux environs d'un kilowatt de puissance vraie pour avoir une efficacité pratique supérieure. Avec de tels appareils, la vibration des projectiles superficiels et lourds est quelquefois un peu douloureuse, tellement elle est intense; l'éloignement de l'appareil fait disparaître toute douleur; par contre, les projectiles très profonds sont décelés comme les intra-osseux; la manœuvre en est plus facile et les contacts accidentels avec le champ opératoire mieux évités.

2° Sciences naturelles. — M. **L. Roule** : *Sur les migrations des poissons de la famille des Mugilidés.* L'auteur a constaté que les eaux de l'étang de Thau et celles de la mer littorale diffèrent comme température et comme oxygénation. Les eaux marines littorales sont mieux pourvues en oxygène dissous que celles de l'étang. Les Muges, dans leur migration reproductrice, se dirigent, toutes autres choses semblables d'ailleurs, d'un milieu moins oxygéné dans un milieu plus oxygéné, le métabolisme consécutif à l'élaboration des volumineuses glandes génitales entraînant sans doute, comme chez le saumon, une activité respiratoire plus intense. — M. **P. Vuillemin** : *L'androcée des Tropéolacées.* L'octandrie des Tropéolacées, munies de cinq pétales, cinq sépales et trois carpelles, est un caractère insolite. L'auteur montre que l'androcée typique comprend 3 étamines épisépales et 6 étamines épipétales. Le nombre total est réduit à 8 dans la fleur normale parce que la 6e étamine épipétale se confond avec la 3e épisépale, comme le pétale VI avec le pétale I et le sépale VI avec le sépale III. — M. **M. Molliard** : *Production expérimentale de tubercules aux dépens de la tige principale chez la pomme de terre.* L'auteur, en pratiquant des cultures de pommes de terre à partir de la graine en milieu à la fois aseptique et confiné, la solution nutritive renfermant des sels minéraux et du glucose, a vu se former aux dépens de l'axe hypocotylé et de la tigelle un véritable tubercule, provenant d'une accumulation de sucres qui cheminent dans la plante de bas en haut.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 12 Octobre 1915

M. le Président annonce le décès de M. **C. Finlay**, Correspondant étranger.

M. **G. Hayem** : *De la formation du sang sur les cellules vaso-formatives des oiseaux.* Les nouvelles recherches de l'auteur établissent que la production des globules rouges par les cellules vaso-formatives se fait de la même manière dans toute la série des Vertébrés, qu'elle commence toujours par l'apparition d'hématoblastes, ce qui démontre une fois de plus l'identité des hématoblastes d'apparence corpusculaire des vivipares et des hématoblastes de forme cellulaire à noyau visible des ovipares. — M. **A. Netter** : *Sérothérapie de la poliomyélite.* L'auteur a traité 32 malades par l'injection dans le canal rachidien de sérum de sujets atteints antérieurement de paralysie infantile. Il a obtenu 6 guérisons complètes et rapides, 3 améliorations se rapprochant de la guérison, 7 améliorations très sensibles, 5 améliorations appréciables; 3 cas n'ont pas été modifiés. Il y a eu 8 décès, dont 7 par extension au bulbe. La sérothérapie est donc susceptible d'arrêter la marche envahissante de la paralysie, de faire disparaître des

paralysies déjà constituées, mais à la condition d'être appliquée de bonne heure (du 1er au 4e jour de la paralysie). Le sérum des sujets qui ont eu une paralysie infantile conserve son efficacité pendant plus de 30 ans. Mieux toléré par le canal rachidien que le sérum de cheval, le sérum humain provoque toutefois une réaction inflammatoire des méninges, qui peut se traduire par de la fièvre et des douleurs. Ces phénomènes sont rarement intenses et généralement de courte durée.

Séance du 19 Octobre 1915

M. Th. Tuffier : *De l'intubation dans les plaies des grosses artères.* Les plaies des grosses artères nécessitent une ligature, qui peut être suivie, par suppression de la circulation, d'accidents d'ischémie nécessitant parfois l'amputation. Pour obvier à ces accidents, l'auteur propose de pratiquer l'intubation, puis la suspension lente ou progressive du courant sanguin, qui n'est pas suivie des mêmes effets. Il recommande la technique suivante : nettoyer la plaie à la solution de Ringer; pratiquer l'intubation des deux extrémités de l'artère après s'être bien rendu compte de la perméabilité du vaisseau; puis, si au bout de 2 jours la circulation paraît suffisamment rétablie, faire la compression au-dessus du tube pour faciliter la circulation collatérale, et ensuite pratiquer la ligature du vaisseau avec extirpation du tube anastomique. — MM. **L. Roussel, M. Brulé, L. Barat** et **A. Pierre Marie** : *Recherches bactériologiques sur les bières des Flandres.* Les auteurs ont pratiqué plus de 200 examens de bières des Flandres et ont constaté dans la majorité des cas la présence du colibacille en quantité considérable. Celui-ci est introduit dans la bière, soit par l'eau qui sert au lavage des brasseries, soit par la levure impure. La consommation des bières souillées a dû être interdite aux soldats.

Séance du 26 Octobre 1915

MM. **Edm. Sergent** et **L. Nègres** : *Les vaccinations mixtes antityphoïdiques et antiparatyphoïdiques dans l'armée de l'Afrique du Nord.* Plus de 100.000 vaccinations ont été pratiquées dans l'armée de l'Afrique du Nord, avec un vaccin mixte triple, antityphoïdique et antiparatyphoïdique. Les réactions locales et générales n'ont pas été plus fortes que dans les 37.000 vaccinations opérées dans le même milieu avec un vaccin antityphoïdique simple préparé suivant la même technique. Le vaccin mixte ne compte donc pas d'autres contre-indications que celles du vaccin simple. L'emploi du vaccin mixte dans un milieu épidémique où la proportion des cas de paratyphoïde à ceux de typhoïde est de 1 à 4 environ a donné les meilleurs résultats. Ce vaccin s'est montré efficace à la fois contre les paratyphoïdes A et B et contre la fièvre typhoïde. — MM. **F. Trémolières, P. Lœw** et **Maillart** : *Recherches sur la vaccination antityphoïde par la voie digestive.* Les auteurs ont étudié les réactions humorales chez un certain nombre de sujets vaccinés contre la fièvre typhoïde : les uns par voie sous-cutanée, les autres par voie digestive. Bien que les agglutinines, les précipitines, les sensibilisatrices, l'augmentation de l'indice opsonique ne soient pas les témoins nécessaires de l'immunité, leur présence constante dans le sérum des premiers sujets, leur absence constante dans celui des seconds, établissent, d'après les auteurs, l'inefficacité de la vaccination antityphoïdique par voie gastro-intestinale et la haute valeur de la vaccination par voie sous-cutanée.

Séance du 2 Novembre 1915

M. le Président annonce le décès de M. **Ch. Bouchard**, membre de l'Académie.

MM. **R. Mercier, E. Michelon** et **Chemineau** : *Utilisation digestive des graisses dans la fièvre typhoïde.* Les auteurs ont recherché si l'utilisation digestive des graisses, qui est normalement de 95 %, varie au cours de la fièvre typhoïde. Au début de la période d'état, l'utilisation se rapproche de la normale; à mesure que cette période d'état se développe, la non-assimilation s'accentue et arrive à doubler le chiffre initial. Au cours de la défervescence, la proportion des graisses excrétées progresse rapidement; mais c'est en pleine convalescence que l'inutilisation graisseuse atteint son summum, soit environ 50 %. — M. **J. Lignières** : *Considérations sur la vaccination antiparatyphique.* L'auteur rappelle que les bacilles paratyphiques appartiennent au groupe des *Salmonella*. Ces microbes, cultivés au laboratoire, perdent généralement assez vite leurs qualités pathogènes primitives. Aussi, pour préparer les vaccins antiparatyphiques, faut-il employer des microbes retirés récemment de cas spontanés et graves d'infection ou des microbes hypervirulents. Les expériences de vaccination antisalmonellique chez les animaux par la voie digestive ont donné à l'auteur des résultats encourageants.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 23 Octobre 1915

M. **J. C. Parhon** : *L'adrénaline dans la dysenterie.* L'auteur, ayant remarqué l'état de profonde adynamie et l'hypotension artérielle considérable de malades atteints de dysenterie, a eu l'idée de leur administrer de l'adrénaline. Quatre malades traités dès le commencement de la maladie guérirent; deux traités tardivement moururent; six malades non traités moururent également. — M. **Ed. Retterer** : *Du rôle hématiformateur de la rate du chien, du chat et du cheval.* Chez le mammifère adulte, les noyaux cellulaires du tissu ou pulpe splénique subissent la transformation hémoglobique et, après la fonte du corps cellulaire, ils deviennent hématies libres. — M. **E. Sacquépée** : *Le bacille de l'œdème gazeux malin. II. Les propriétés toxiques.* Le bacille de l'œdème gazeux malin, agent pathogène important des gangrènes gazeuses, donne un filtrat de culture très toxique pour le cobaye. La toxicité est maximum du 3e au 6e jour de la culture; elle est détruite par le chauffage à 60° pendant 30 minutes; elle ne se retrouve pas dans les précipités par l'alcool ou le sulfate d'ammoniaque.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 17 Juin 1915 (suite)

M. **E. W. Macbride** et Mlle **A. Jackson** : *L'hérédité de la couleur chez le Carausius morosus (insecte baguette).* Les recherches des auteurs les ont conduits aux conclusions suivantes : 1° Tous les insectes-baguettes de l'espèce *Carausius morosius* naissent semblables; tous ont un dessin coloré défini formé de pigments vert et brun. 2° A mesure qu'ils croissent, dans la grande majorité des cas, le pigment vert surmonte le brun, de sorte que le dessin disparaît et l'insecte apparaît à l'œil nu d'un vert pur. D'après Schleip, quelques traces du pigment brun peuvent toujours être décelées dans les cellules ectodermiques des insectes les plus verts. 3° Dans 3 % des cas environ, le pigment brun augmente pendant la croissance et empêche de voir toute trace de vert; dans ces cas, d'après Schleip, on n'aperçoit aucun pigment vert dans les cellules ectodermiques, même à l'examen microscopique. 4° Dans quelques-uns des cas où le pigment vert devient prédominant, le pigment brun reste en quantité suffisante pour affecter la couleur et donner naissance aux variétés vert brun, vertes à taches brunes, etc. 5° Dans certains cas plus rares, un pigment rouge jaune, qui paraît toujours présent en petite quantité, s'accroît de façon à donner à l'insecte une couleur brun jaune ou brun rouge. 6° La proportion des insectes qui acquièrent une couleur verte ou brune prédominante parmi la descendance n'est pas influencée par la couleur de la mère. 7° Des insectes verts purs peuvent être élevés aux dépens de larves exposées à une obscurité complète depuis l'éclosion. 8° L'élevage des insectes en lumière réduite n'augmente pas la proportion des bruns; il n'y a pas de preuve qu'un insecte devienne brun par élevage à l'ombre. 9° En général, la production d'une

petite proportion de bruns est une aide à la dissimulation de l'animal dans les conditions normales, car de tels spécimens ressemblent à des baguettes sèches. 10° Des mâles se produisent aux dépens d'œufs de femelles non fécondées, mais sont extrêmement rares.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 22 Octobre 1915

M. **T. Barratt** : *La radiation et la convection d'un fil chauffé dans une enceinte.* L'objet des expériences de l'auteur était de déterminer la relation numérique entre les pertes par radiation et par convection d'un fil ou d'un barreau métallique chauffé placé dans un gaz à température constante. La méthode consiste à : 1° mesurer la quantité de chaleur requise pour maintenir la température du fil d'un certain nombre de degrés (environ 10° C.) au-dessus de celle du gaz environnant, la surface du fil étant : *a*) recouverte d'un vernis noir, *b*) nue; 2° comparer les radiations de deux surfaces exactement semblables à *a*) et *b*) au moyen d'une thermopile. Si la chaleur totale perdue par unité de surface du fil est *a* fois plus grande pour un fil noirci que pour un fil nu, tandis que la radiation de la surface noircie est *b* fois celle de la surface nue, on a :

$$\frac{r_2}{c} = \frac{a-b}{a-1} \quad \text{et} \quad \frac{r_1}{c} = \frac{b(a-b)}{a-1},$$

où r_1 et r_2 sont les radiations des surfaces noire et nue respectivement et c la convection. L'expérience indique que, sur 100 parties de « chaleur totale » perdue par un fil à la température ordinaire, 2,5 proviennent de la radiation pour un fil nu et 12,6 pour un fil noirci. A 100°, ces pourcentages deviennent respectivement 4,4 et 20,7. — M. **T. Barratt** : *La grandeur de la résistance thermique introduite à la jonction légèrement conique de deux solides.* L'auteur étudie la chute de température causée par la résistance thermique à la jonction légèrement conique de deux solides, en se servant d'un double joint, ce qui double l'effet de résistance thermique. Dans le cas de fils de petit diamètre, la chute de température est de $2\,^1/_2$ %, c'est-à-dire que la température de l'extrémité chaude du fil est de $2\,^1/_2$ % plus basse que celle du bloc de cuivre dans lequel est fixée l'extrémité du fil. Cette chute % de température est pratiquement la même à toutes les températures de l'enceinte (jusqu'à 100°) et indépendante de l'excès de la température de l'extrémité du fil sur celle de l'enceinte (jusqu'à 10° ou 12° C). Pour les fils de diamètre plus grand (6 mm.), la résistance est plutôt moindre que pour les petits fils.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 26 Juin 1915 (suite)

MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **W. J. de Haas** et de Mme **G. L. de Haas-Lorentz** : *Une expérience de Maxwell et les courants moléculaires d'Ampère.* En 1861, Maxwell avait imaginé une expérience pour décider si un aimant contient de la matière en rotation; cette expérience n'avait donné aucun résultat. Les auteurs examinent la question théoriquement; ils arrivent à cette conclusion que l'expérience n'est guère réalisable. — MM. **F. M. Jaeger** et **Jul. Kahn** : *Recherches sur les coefficients de température de l'énergie superficielle moléculaire de liquides entre — 80° et 1650° C. X. Mesures concernant une série de composés aliphatiques.* Ici encore la substitution d'éléments ou radicaux négatifs dans la molécule augmente l'énergie superficielle moléculaire; il semble donc que ce soit là un phénomène général. XI. *La tension superficielle d'un certain nombre de triglycérides homologues des acides gras.* XII. *Mesures concernant les phases liquides optiquement anisotropes et isotropes de quelques azoxy-composés et de l'anisaldazine.* S'il est exact qu'une petite valeur du coefficient de température de l'énergie superficielle moléculaire indique une association de la matière et une grande valeur une dissociation, on doit s'attendre à ce qu'en-dessous de la température de transformation ce coefficient soit plus petit pour le liquide anisotrope que pour le liquide isotrope au-dessus de ce point. Or, l'expérience apprend que c'est le contraire qui a lieu. Aux environs du point de transformation, la courbe de l'énergie superficielle présente un saut brusque: la courbe relative au liquide isotrope est située plus haut que celle du liquide anisotrope; mais il semble que l'augmentation se produise d'une façon continue, bien que très rapide. — MM. A. F. Holleman et S. Hoogewerff présentent un travail de M. **E. H. Büchner** : *La viscosité des solutions colloïdales.* Une formule d'Einstein, relative à la viscosité d'un liquide contenant des particules en suspension, permet de trouver le volume total de ses particules; la numération de ces particules fait ensuite connaître leur volume individuel. L'application de cette méthode à des solutions colloïdales (bleu de molybdène, hydroxyde ferrique) apprend que les particules du colloïde sont associées à une certaine quantité du solvant. — MM. Ernest Cohen et F. M. Jaeger présentent les travaux suivants de MM. **D. N. Bhattacharyya** et **N. Dhar** : *Sursaturation et cessation de la sursaturation.* Etude systématique du phénomène de la sursaturation sur un grand nombre de substances. Il n'en ressort guère de loi générale; on constate seulement que les hydrates, les substances fortement solubles, et celles formant de gros cristaux donnent aisément des solutions sursaturées. *Le coefficient de température de la conductibilité de solutions alcooliques et l'extension de l'hypothèse de Kohlrausch à de telles solutions.* Kohlrausch a supposé qu'autour de tout ion il y a une atmosphère du solvant, dont la dimension est caractéristique de l'ion. Cette hypothèse est applicable à des solutions alcooliques. *Vitesses d'ions à 0° C.* — MM. Ernest Cohen et F. M. Jaeger présentent le travail suivant de M. **N. Dhar** : *Les propriétés des éléments et le système périodique.* Recherches prouvant que la tension superficielle, le coefficient de température de la conductibilité électrique, le coefficient de température de la conductibilité calorifique, le module de Young et la rigidité torsionnelle, ainsi que leurs coefficients de température, la chaleur spécifique, le coefficient de dilatation linéaire, la rotation magnétique moléculaire sont des fonctions périodiques du poids atomique. — M. P. van Romburgh présente une note de M. **A. W. K. de Jong** : *Action de la lumière sur les acides cinnamiques.* La façon particulière dont l'acide cinnamique solide se comporte sous l'action de la lumière solaire doit être attribuée à la facilité avec laquelle il passe dans l'état métastable. — M. **M. W. Beyerinck** : *Amidon cristallisé.* La plupart des espèces d'amidon ont la propriété de se séparer sous forme de cristaux de leurs solutions. Le grain d'amidon naturel est d'ailleurs un agrégat d'aiguilles cristallines. — Mlle **H. J. van Lutsenburg-Maas** et M. **G. van Iterson jr** : *Un microsaccharimètre.* Description d'un appareil permettant de déterminer par fermentation la quantité de sucre contenue dans de toutes petites quantités de liquides.

2° Sciences naturelles. — M. W. Beyerinck présente un travail de M. **S. H. Koorders** : *Sloanea Javanica (Miquel) Szyszylowicz, une espèce d'arbre remarquable croissant à l'état sauvage dans le bois de Depok, réservé comme monument naturel* (Contribution à la flore de Java. VIII). — MM. L. Bolk et J. Boeke présentent un travail de M. **J. A. J. Barge** : *La signification génétique de quelques variations de l'atlas.* Dans un travail précédent (présenté dans la séance de mai), l'auteur a montré qu'entre la limite caudale du crâne et la première vertèbre cervicale il doit se trouver un demi-segment libre, ce que l'observation vérifie. Il examine maintenant quelle est la signification de l'existence de ce demi-segment au point de vue de l'explication morphologique de quelques variations de l'atlas.

J. E. V.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 23 15 DÉCEMBRE 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Les médailles de la Société Royale de Londres. — Les distinctions que la Société Royale de Londres confère chaque année, à la fin de novembre, à quelques savants éminents, viennent d'être attribuées comme suit cette année :

La *Médaille Copley* au professeur I. P. Pavlov, de Saint-Pétersbourg, pour ses recherches classiques sur la physiologie de la digestion et les centres supérieurs du système nerveux;

La *Médaille Davy* au professeur Paul Sabatier, de Toulouse, pour ses recherches sur l'action de contact et l'application des métaux finement divisés comme agents catalytiques;

La *Médaille Hughes* au professeur P. Langevin, de Paris, pour ses contributions importantes à la science électrique;

Les *Médailles Royales* à Sir J. Larmor, pour ses nombreux et importants travaux de Mathématiques et de Physique, et à M. W. H. R. Rivers, pour son œuvre ethnologique et ethnographique.

§ 2. — Nécrologie

Sir Andrew Noble. — En la personne de Sir Andrew Noble, décédé le 22 octobre à l'âge de 84 ans, la science de la Balistique vient de perdre l'un de ses représentants les plus éminents.

Après avoir commencé sa carrière dans l'Artillerie anglaise, il fut appelé en 1860 par Sir William Armstrong aux célèbres usines d'Elswick, où il travailla pendant presque tout le reste de sa vie. C'est là qu'il entreprit ses expériences sur le tir des canons, à l'aide d'un chronoscope de son invention qui lui permit de déterminer la vitesse exacte des projectiles. Puis, en collaboration avec Abel, il se livra à des études approfondies sur la combustion des poudres à canon, qui sont devenues classiques dans l'histoire des explosifs, et où pour la première fois la chaleur de combustion et la pression développée ont été mesurées d'une façon précise. Il tourna ensuite son attention vers les poudres sans fumée, la cordite en particulier, et après de laborieuses recherches parvint à obtenir des vitesses initiales de tir de plus de 1000 m. par seconde, avec une énergie de pénétration presque quadruplée.

La Société Royale de Londres avait ouvert ses portes à Noble dès 1870 et lui avait en 1909 décerné l'une de ses médailles « pour ses longues recherches sur la nature et l'action des explosifs, qui ont eu pour conséquence le développement et le perfectionnment de l'artillerie moderne ».

§ 3. — Art de l'Ingénieur

La commande des moteurs employés à bord des sous-marins allemands[1]. — En raison des exigences du service auquel sont employés les sous-marins de haute mer et de la sécurité absolue que doit procurer le mécanisme d'immersion et de propulsion, on s'est efforcé d'en rendre l'équipement simple, quoique très efficace.

En surface, la propulsion s'opère par moteurs au pétrole brut; en plongée, par de puissants moteurs électriques alimentés par une grande batterie d'accumulateurs, ordinairement installée au milieu du navire.

A bord des sous-marins allemands, la distribution est toute spéciale, sa particularité résidant surtout dans la suppression du rhéostat de démarrage. Même immergé dans l'huile, cet organe est, en effet, peu sûr; de plus, il est encombrant et lourd. La batterie comporte quatre unités de 60 accumulateurs chacune, connectées en série parallèle et pouvant être isolées à volonté. Les accumulateurs sont d'un type spécial pouvant résister à des mises en court-circuit momentanées et réitérées sans dommage sensible. Les plaques sont en plomb. Les bacs sont en vulcanite spéciale parfaitement étanche avec un vide de 60 mm. sous les plaques. Ces dernières sont séparées par des isolateurs en bois. Le navire peut prendre 25 degrés d'inclinaison dans une direction quelconque sans que l'acide déborde des bacs.

1. NORMAN H. WOOD : *The Electrical Review*, 28 mai 1915.

Les moteurs sont du type double à enroulement shunt, pôles auxiliaires et enroulements compensateurs. Chaque moteur a deux induits sur le même arbre et deux champs, distincts mais également proportionnés, de 8 pôles chacun. A pleine charge, chaque induit donne la moitié de la puissance totale, soit 225 chevaux. Les champs shunt sont disposés en série, avec une résistance non inductive en parallèle pour dériver le courant quand on ouvre le circuit des champs. Le tout est monté d'un seul bloc et forme une unité complète.

La distribution (commutateurs, câbles sous plomb, interrupteurs) est généralement placée aussi près que possible des moteurs principaux et pourvue du nombre voulu d'ampèremètres et d'ampère-heure-mètres du type moteur à mercure pour permettre à l'officier de service de s'assurer de l'état des unités de la batterie et d'en contrôler le rendement au besoin.

La batterie ne peut être rechargée que lorsque le sous-marin navigue en surface. Les moteurs fonctionnent pour cela comme dynamos sous la commande des moteurs à pétrole. Des bornes spéciales permettent de recharger la batterie avec ses sections en série ou en parallèle.

La capacité de la batterie permet la navigation en plongée à la vitesse de 10 nœuds pendant une heure et demie.

§ 4. — Physique appliquée

Extraction et localisation des projectiles par l'électro-aimant. — L'électro-aimant est depuis de nombreuses années utilisé en chirurgie pour l'extraction de petits corps étrangers magnétiques intra-oculaires. Les électro-aimants de grande puissance que les constructeurs sont arrivés à établir ont fait espérer l'extraction non plus seulement de fines poussières métalliques contenues dans le globe oculaire, mais aussi des aiguilles introduites sous la peau et même des projectiles de guerre.

Ainsi, avec un électro-aimant fonctionnant à 23 ampères sous 110 volts et ayant une force portante de 1.150 kilogrammes, M. Rollet[1] attire la balle allemande à une distance de 11 centimètres. Les éclats d'obus, souvent moins volumineux, sont attirés à des distances plus grandes, 15 centimètres environ.

D'après M. Rollet, l'électro-aimant permet de reconnaître la présence et même de localiser les projectiles magnétiques (balle allemande à enveloppe de ferro-nickel et éclats d'obus). Quand l'électro-aimant, maintenu normalement à la peau, se trouve au-dessus du projectile, celui-ci est attiré et soulève le tégument externe ; il se forme un cône très pointu si le corps est sous-cutané, un mamelon large si le corps est intramusculaire. En même temps, le malade ressent de la douleur et éprouve une sensation de déchirure.

L'électro-aimant peut donc venir en aide au chirurgien dans une intervention, à condition de se servir d'écarteurs en maillechort et de pinces hémostatiques ou autres instruments en acier nickel à 25 %, l'acier nickel étant une substance non magnétique.

Le professeur Bergonié[2] a utilisé un puissant électro-aimant pour mobiliser les projectiles. Par des séances d'attraction de 10 à 15 minutes, avec ouverture et fermeture du circuit magnétique, il arrive à les amener peu à peu au voisinage de la peau ; l'extraction est ainsi grandement facilitée.

Pendant ces expériences, M. Bergonié ayant observé que la rupture et la fermeture du courant continu qui alimente l'électro-aimant, faisant ainsi cesser et établir le champ magnétique, donnait de meilleurs résultats, eut l'idée d'utiliser le courant alternatif. Il s'aperçut que l'électro-aimant ainsi parcouru par du courant alternatif attire peut-être moins bien les projectiles, mais leur imprime un mouvement de vibration très marqué, susceptible d'être perçu à la surface de la peau, et dont on peut tirer parti pour la localisation[1].

L'électro-aimant à courant alternatif de M. Bergonié, connu sous le nom d'*électro-vibreur*, est construit actuellement par la maison Gallot-Gaille. Le courant utilisé peut être soit du courant alternatif à 110-120 volts, soit du courant alternatif à 220-240 volts. Plus la puissance absorbée est considérable et plus l'appareil est efficace. Pour trouver les projectiles petits et profonds, cette puissance ne doit pas descendre au-dessous de 3 kilowatts (30 ampères sous 110 volts).

Lorsqu'on ne possède que du courant continu pour alimenter un électro-vibreur, une commutatrice, destinée à transformer le courant continu au courant alternatif monophasé, devient indispensable. Il en est de même lorsqu'on ne possède que du courant triphasé, les Compagnies d'électricité ne se souciant pas de laisser prendre 30 ampères sur leurs lignes, ce qui déséquilibre les ponts.

C'est là, actuellement, une difficulté sérieuse à l'installation des électro-vibreurs, car il est très malaisé de se procurer des commutatrices ou les groupes moteur triphasé-alternateur nécessaires à la transformation du courant.

Dans les installations radiologiques récentes, la commutatrice à contact tournant peut être utilisée pour actionner l'électro-vibreur ; il suffit de prendre une dérivation sur les deux bagues du côté alternatif.

L'électro-vibreur se présente sous l'aspect d'une grosse et lourde masse cylindrique, mobile autour d'un axe horizontal dans un cadre rectangulaire en bois. Suspendu par une corde à une potence en bois mobile elle-même, maintenu en équilibre par un contre-poids, il peut être déplacé en tout sens, et être présenté devant toutes les régions à explorer.

Le manuel opératoire est alors le suivant :

Le blessé étant supposé sur la table d'opération, car la plupart du temps, pour aller plus vite, l'extraction suit la recherche et la localisation, on déplace l'électro-vibreur de manière à comprendre successivement dans la région la plus intense du champ magnétique toute la partie du corps dans laquelle on recherche le projectile. « Pour cela, on n'a qu'à promener l'extrémité du noyau de l'électro-vibreur *aussi près que possible de la peau* de la région, en *évitant soigneusement tout contact* qui ferait percevoir des vibrations transmises venant du noyau, mais non engendrées *in situ* par celui-ci. Par un palper, superficiel d'abord, un simple effleurage, on s'aperçoit immédiatement si la région voisine du vibreur frémit ou non, vibre ou non. S'il y a vibration, on peut alors palper plus profondément et rechercher, toujours par le palper de la partie exposée, le point de *vibration maximum*. C'est le point où le corps étranger est le plus rapproché de la surface, celui sur lequel l'incision doit être tracée pour conduire à l'extraction la plus facile du projectile. »

L'incision est faite, l'appareil n'étant parcouru par aucun courant. Il n'y a donc sur le champ opératoire ni vibrations induites dans les instruments, ni gêne d'aucune sorte pour le chirurgien. Lorsque le sang est épongé et que l'exploration digitale a parcouru les diverses parties de l'incision sans rien découvrir, on éloigne les instruments de fer ou d'acier et l'on approche le plus possible, *sans contact*, l'électro-vibreur, convenablement recouvert d'un manchon stérilisé[2]. On fait passer le courant alternatif et, d'ordinaire, le chirurgien qui explore l'incision sent immédiatement sous ses doigts la

1. *C. R. de l'Académie des Sciences* (Paris), t. CLIX, p. 562 ; 28 sept. 1914.

2. *C. R. de l'Académie des Sciences* (Paris), t. CLX, p. 255 ; 15 février 1915, et *Archives d'électricité médicale*, août 1915.

1. *Archives d'électricité médicale*, avril, mai, juin, juillet, août 1915.

2. L'asepsie des instruments, fait remarquer M. Bergonié, est facile à obtenir, car le courant qui les traverse les porte assez vite, par le fait de l'énergie dissipée par les courants de Foucault, et surtout par hystérésis, à des températures

vibration des chairs se produire dans une certaine direction. On coupe le courant et une nouvelle phase chirurgicale a lieu dans laquelle l'incision est approfondie dans la direction voulue. On recommence les mêmes opérations jusqu'à arriver au contact du projectile, ce qui est généralement assez vite obtenu. Ces opérations « peuvent, d'ailleurs, être indéfiniment répétées, sans qu'il en puisse résulter, ni pour les tissus, ni pour le chirurgien, ni pour les assistants aucun inconvénient ».

« Notons encore, pour éviter toute méprise, dit en terminant M. Bergonié, que c'est par l'acte chirurgical que le projectile magnétique est extrait, et non par l'attraction magnétique de l'électro-vibreur. Le rôle de ce dernier est terminé quand l'instrument ou le doigt du chirurgien sont sur le projectile à extraire; l'électro n'est là que comme un guide toujours prêt à répéter et préciser ses indications, mais ne se substituant jamais au chirurgien, qui agit avec sa pleine liberté, son expérience et sa connaissance anatomique de la région. »

Une seule précaution est à prendre au cours de l'opération : supprimer tout corps magnétique autour du blessé. Il faut donc remplacer les épingles ordinaires par des épingles en bronze, et employer également des écarteurs et une sonde cannelée en bronze. Si la table d'opération est en fer, on devra la recouvrir de coussins épais; il est du reste préférable d'avoir une table en bois. Il est complètement inutile d'avoir recours à un bistouri et à des pinces de bronze ; il suffit d'éloigner ces instruments au moment où l'électro-vibreur est en activité.

Pour pouvoir être décelés par l'électro-vibreur, les projectiles doivent être magnétiques. C'est le cas de tous les fragments d'obus et encore, quoique à un degré moindre, mais bien suffisant, de la balle allemande à enveloppe de nickel et âme de plomb. Par contre, les balles rondes de shrapnell ne vibrent pas du tout, pas plus que la balle française, parce que non magnétiques toutes deux.

En augmentant la puissance absorbée par l'électro-vibreur jusqu'à 8 ou 10 kilowatts, M. Bergonié a constaté que certains métaux non magnétiques, comme l'aluminium, le cuivre et l'argent, le zinc, peuvent être mis en vibration s'ils sont suffisamment voisins du noyau de l'appareil. On pourra peut-être arriver, semble-t-il, à déceler des corps étrangers non magnétiques en aluminium, cuivre, laiton, zinc. Par contre, le maillechort qui forme l'enveloppe des balles de revolver, le plomb durci des shrapnells ne permettent que de minces espoirs; il faudrait augmenter considérablement l'induction de l'électro-vibreur.

Signalons encore que M. Bergonié, après avoir étudié l'échauffement d'échantillons de différents métaux soumis à l'électro-vibreur admet la possibilité, au point de vue pratique, d'échauffer les projectiles *au sein des tissus* à une température suffisante pour les rendre aseptiques. « Dans certains cas, cette stérilisation sur place pourrait avoir des indications et conduire à une tolérance inoffensive du projectile dans l'organisme, lorsque l'intervention chirurgicale aurait été contre-indiquée. »

La nouvelle méthode proposée détrônera-t-elle la radiographie, que beaucoup de chirurgiens semblent n'accepter encore que de mauvais gré comme trop compliquée? Il semble bien que non. Sans doute, dans tous les cas où des éclats d'obus, des balles allemandes entières, des enveloppes de ces balles sont inclus dans les membres, on arrive à les déceler par l'électro-vibreur sans avoir nécessairement à consulter une radiographie. Mais, si le projectile n'est pas magnétique ou bien, si, quoique magnétique, il se trouve dans une région transmettant mal les vibrations, comme le tissu pulmonaire, ou s'il est encastré dans un os, auquel cas il ne pourrait vibrer sans entraîner l'os entier, l'électro-vibreur, de l'aveu de M. Bergonié, ne s'applique pas ou s'applique mal, et l'emploi des rayons X devient nécessaire.

Il semble que le rôle de l'électro-vibreur soit plutôt de parfaire les indications de la radiographie et de guider le chirurgien pendant l'intervention. Tous les chirurgiens qui ont expérimenté l'appareil de M. Bergonié sont unanimes à reconnaître qu'il constitue un guide extrêmement précieux[1].

A. Boutaric.

La protection des lignes à haut voltage contre les oiseaux. — De nombreux oiseaux sont tués le long des lignes de transmission électrique, et parfois en produisant un court-circuit. Ces accidents reconnaissent trois causes : 1° le choc mécanique, lorsque des oiseaux volant rapidement se heurtent contre les lignes ; 2° un court-circuit entre deux lignes à potentiel différent touchées simultanément par les deux ailes d'un oiseau; 3° le fait qu'un oiseau se pose près d'un isolateur et frappe le conducteur à coups de bec, ce qui produit une terre à travers le poteau.

Le premier et le second cas se produisent rarement. Il faut noter toutefois que le second cas ne se réalise pas seulement avec de grands oiseaux; parfois, une série de petits oiseaux se touchant par les extrémités de leurs ailes a créé un court-circuit, qui les a brûlés. Le troisième cas est celui qui a le plus d'importance dans la pratique. Dans un article récent[2], M. R. von Erhardt décrit les mesures qui ont été prises, particulièrement en Allemagne, pour l'empêcher de se produire.

On a constaté d'abord que les grandes lignes transportant des voltages supérieurs à 30.000 volts n'ont jamais été endommagées par les oiseaux, parce que les isolateurs sont placés trop haut; aussi un certain nombre d'entreprises placent-elles maintenant à la même hauteur les isolateurs des lignes à bas voltage.

Mais la solution la plus rationnelle du problème consiste à donner aux isolateurs et à leurs supports une forme telle que les oiseaux ne puissent pas venir s'y poser. De nombreuses dispositions ont été proposées et ont donné des résultats satisfaisants.

§ 5. — Chimie

Le Rapport du Comité international des Poids atomiques pour 1916. — Le Comité international des Poids atomiques vient de publier son Rapport pour 1916. Quoique la guerre ait interrompu bien des travaux scientifiques, d'assez nombreuses déterminations de poids atomiques ont été exécutées depuis le précédent Rapport, en particulier aux Etats-Unis; elles ont porté sur les éléments : C, S, I, Cu, Ni, Cd, Hg, Pb, Sn, Ta, Pd.

Suivant le désir exprimé au Congrès international de Chimie appliquée de 1912, le Comité n'avait procédé à aucune modification de la Table internationale en ces dernières années. Le moment lui paraît maintenant arrivé, par suite de nouvelles déterminations qui paraissent meilleures que les anciennes, d'attribuer à un certain nombre d'éléments les nouveaux poids atomiques qui suivent :

---

auxquelles aucun microbe ne peut résister. Ils sont donc aseptisés, par le fait même de leur fonctionnement. Malgré cela, toutes les précautions ordinaires d'asepsie peuvent être prises avec eux.

1. Signalons en passant qu'on peut construire très commodément de petits électro-vibreurs fonctionnant sous 10 ampères et 110 volts et susceptibles d'être branchés sur deux phases d'une distribution en triphasé quelconque, en enroulant sur un noyau composé de fils de fer solidement liés (le noyau a environ 30 centimètres de longueur et 5 à 6 centimètres de diamètre) un fil de cuivre de $\frac{16}{10}$ de mm. (environ 120 mètres de fil). Ce petit appareil, relativement léger et très maniable, permet de reconnaître très nettement la présence de projectiles dont la profondeur sous la peau n'excède pas 3 à 4 centimètres. On le relie aux bornes de distribution du courant par l'intermédiaire d'une self ou d'un rhéostat quelconque.

2. *Electrotechn. Zeitschr.*, 20 mai 1915.

C	12,005	U	238,2
S	32,06	Yt	88,7
He	4,00	Pr	140,9
Sn	118,7	Yb	173,5
Pb	207,20	Lu	175,0
Ra	226,0	Kr	82,92

Les poids atomiques des autres éléments restent sans changement.

Le Rapport pour 1916 est signé de MM. F. W. Clarke, T. E. Thorpe et W. Ostwald; M. G. Urbain, empêché par ses obligations militaires de signer aucun rapport international pendant la guerre, a cependant déclaré qu'il approuvait les décisions prises par ses collègues.

§ 6. — Biologie

Le mécanisme de contrôle de la teneur en corpuscules rouges du sang. — Une étude attentive a montré que le nombre des corpuscules rouges par unité de volume du sang, chez l'individu normal, est sujet à des variations importantes et très rapides sous l'influence des diverses conditions physiologiques. Ainsi l'asphyxie, sous toutes ses formes : réduction de la pression atmosphérique, diminution de la tension partielle de l'oxygène, obstruction des voies aériennes, obstruction de la circulation dans les poumons, etc., produit une augmentation du nombre des corpuscules rouges. Diverses substances existant naturellement dans le corps : épinéphrine, pituitrine, CO^2, et des substances étrangères : nicotine, chlorure de radium..., altèrent d'une façon marquée la proportion des globules rouges du sang. Lamson a même montré que le nombre des cellules rouges est sous le contrôle nerveux : chez des chats effrayés par un chien, le nombre de ces corpuscules par unité de volume s'est élevé de 1 à 2 millions en 5 minutes.

Quel est le mécanisme qui contrôle ces variations? Telle est la question que s'est posée M. Lamson et qu'il résout en partie à l'aide d'une série d'ingénieuses expériences[1].

Comme moyen de production de la polycythémie, il a choisi l'épinéphrine, qui peut être obtenue à l'état pur, existe déjà dans l'organisme et, injectée à la dose de 0,9 mgr. par kilog, produit régulièrement une augmentation d'un à deux millions de globules rouges par unité de volume en 15 à 20 minutes.

Pour obtenir des résultats uniformes, les animaux sont anesthésiés à l'éther, et on retire du sang de la veine jugulaire ou fémorale à l'aide d'une aiguille hypodermique.

L'injection d'épinéphrine provoque la même augmentation du nombre des globules rouges chez des animaux témoins et chez des animaux auxquels on a pratiqué l'ablation de l'intestin entier, du mésentère, de la rate ou du pancréas, séparément ou simultanément; aucun de ces organes n'est donc le siège principal du mécanisme de la polycythémie. Par contre, lorsqu'on isole le foie de la circulation par la ligature complète de tous les vaisseaux au-dessus du diaphragme, l'injection d'épinéphrine ne produit aucune élévation de la teneur en globules rouges. D'autres expériences, dans le détail desquelles nous ne pouvons entrer, confirment le fait que le foie est l'organe capable d'augmenter la proportion des globules rouges dans le sang, à la condition toutefois que l'alimentation du foie en sang artériel soit intacte.

Au cours des mêmes expériences, certains changements ont été observés dans le foie. Il y a une diminution du volume du plasma, mais insuffisante pour expliquer entièrement l'augmentation du nombre des globules rouges. Pendant la polycythémie, des cellules sont présentes dans la circulation qui n'y existaient pas auparavant, comme le montre la diminution du diamètre moyen des corpuscules rouges et de leur teneur en hémoglobine. Ces cellules ne présentent aucun caractère des cellules jeunes : elles ne sont pas nucléées, n'offrent aucune variation de fragilité et n'ont pas de métabolisme accru.

Le rôle du système nerveux dans le mécanisme de la polycythémie découle de l'augmentation des corpuscules rouges observée après l'excitation des troncs vagosympathiques. Celui des glandes surrénales ressort de l'absence de polycythémie après leur ablation.

Le mécanisme de la régulation du nombre des globules rouges dans le sang paraît donc être sous la dépendance de plusieurs facteurs, au nombre desquels le système nerveux, les glandes surrénales et le foie jouent le principal rôle.

1. *Proceed. of the National Acad. of Sciences* (Washington), t. I, n° 10, p. 521; oct. 1915.

La fragilité héréditaire des os. — La faiblesse ou la fragilité des os longs peut survenir à la suite de certaines conditions pathologiques; mais, d'autre part, on a reconnu depuis bientôt un siècle une tendance constitutionnelle à la fragilité des os qui se poursuit dans certaines familles à un tel point qu'elle démontre l'existence d'un facteur héréditaire; on lui a donné le nom d'*ostéopsathyrose*.

Dans certains cas classiques d'ostéopsathyrose, le fémur est fréquemment fracturé à la naissance, mais il se répare rapidement Plus d'une fois au cours de la vie, un léger choc produit la rupture d'un os du bras ou de la jambe, et parfois avant la puberté l'individu a subi une vingtaine de fractures ou plus. Cette tendance s'accroît souvent après la puberté. Lovett et Nichols ont montré que, dans l'ostéopsathyrose, la formation osseuse périostale est surtout imparfaite, les systèmes de Havers ne se formant pas.

MM. C. B. Davenport et S. H. Conard[1], de l'Eugenics Record Office, viennent d'examiner un grand nombre de généalogies, qui montrent clairement que l'hérédité dans l'ostéopsathyrose est directe, c'est-à-dire que le facteur qui détermine la formation irrégulière des os est *dominant*. L'hypothèse d'après laquelle cette affection serait due à quelque perturbation du métabolisme de la mère est controuvée par le cas, observé par Schwarz et Bass, de deux jumeaux dont l'un présentait de l'ostéopsathyrose à la naissance et l'autre non. Les rares exceptions à la règle qu'aucune génération n'est sautée s'expliquent, d'après les auteurs, par le principe bien connu de l'imperfection de la dominance ou par un défaut d'observation.

Un autre argument en faveur de l'hypothèse que la fragilité héréditaire des os dépend d'un seul facteur dominant, c'est le fait que la proportion des enfants atteints d'ostéopsathyrose dans un groupe nombreux de frères et de sœurs est approximativement la moitié (55 %).

On a souvent signalé une association de l'ostéopsathyrose avec la sclérotique bleue; cette dernière paraît constituer également un facteur dominant, mais le petit nombre des observations héréditaires ne permet pas de dire s'il existe une association normale entre ces deux caractères.

Les observations des auteurs leur ont montré que l'os qui se fracture le plus fréquemment est le fémur; après vient l'humérus, et ensuite la clavicule. La fragilité est très variable : dans certaines familles, la moindre pression produit une fracture; dans d'autres, les os sont assez résistants.

En résumé, tout parent ayant présenté de l'ostéopsathyrose pendant sa jeunesse donnera naissance à des enfants dont la moitié au moins seront semblablement affectés. Mais, si aucun parent, quoique issu d'une famille affectée, n'a présenté la tendance à la fragilité osseuse, on doit s'attendre à ce qu'aucun des enfants n'aura des os fragiles. Quand un parent est affecté, il arrivera parfois que ses enfants présenteront la tendance héréditaire à peu près à la même époque de leur vie, dans les mêmes os et au même degré.

1. *Proceed. of the National Acad. of Sciences* (Washington), t. I, n° 10, p. 537; oct. 1915.

LES PEUPLES DE LA PÉNINSULE DES BALKANS

ESQUISSE ANTHROPOLOGIQUE

Jusqu'à ces dernières années, les cartes anthropologiques de la péninsule des Balkans montraient encore de vastes espaces complètement blancs. Et les parties qui étaient colorées ne l'étaient guère qu'à l'aide de documents provisoires, les faits représentés ne constituant que des séries insuffisantes.

Quelques crânes examinés par ci par là, de petits groupes d'individus vivants mesurés dans de rares régions, les indications toujours très sommaires des recrutements militaires, ne fournissant guère à l'anthropologie que les chiffres de la stature, quelques notations de couleurs d'yeux et de cheveux, composaient la presque totalité du bagage ethnologique de la péninsule. Ils ne pouvaient guère servir à des généralisations.

Les voyageurs scientifiques, généralement, suivaient les mêmes voies : celles que traversent les lignes de chemins de fer, ou les routes les plus facilement accessibles, et les populations au milieu desquelles ils circulaient ne se prêtaient pas toujours de bonne grâce à un examen somatologique. Au surplus, sur ces chemins où passe tout le monde, les populations, fortement métissées par le seul fait d'une circulation plus intense, sont d'un médiocre intérêt pour l'observateur.

Pour ces diverses raisons, les anthropologistes qui s'occupaient de l'ethnogénie de la péninsule balkanique ne cessaient de se lamenter sur la pénurie de documents mis à leur portée. Et lorsqu'en 1899, Deniker, qui avait colligé avec un zèle inlassable tous les matériaux publiés, présentait sa « carte de l'indice céphalique en Europe », il exprimait avec autorité les regrets de tous.

Ces temps, malheureusement, ne sont pas complètement périmés. Toutefois, dans ces dernières années, de vastes enquêtes ont été entreprises ; une quantité très grande de documents nouveaux ont été recueillis et, aujourd'hui, nous pouvons donner à la science un aperçu des caractères anthropologiques des peuples balkaniques qui se rapprochera autrement plus de la réalité que tout ce qui avait été publié jusqu'alors.

* * *

L'anthropologie de la péninsule des Balkans est, sans conteste, une des plus intéressantes à connaître. La position géographique des territoires en cause explique, à elle seule, cet intérêt.

Peu de régions en Europe peuvent être comparées à cette presqu'île au point de vue des facilités qu'elle offrait à ceux qui, venant d'Orient ou d'Occident, l'abordèrent pour la première fois. Elle les offre toujours. Et aujourd'hui encore certaines parties de sa périphérie gardent le souvenir vivant des invasions pacifiques et guerrières qui tentèrent de la conquérir.

Les deux promontoires qui sont les plus rapprochés de l'Asie, celui qui porte Stamboul et celui qui porte Gallipoli, sont comme deux mains tendues vers la Bithynie et la Mysie, prêtes à donner au continent voisin les masses ethniques qui étaient en arrière d'elles ou à recevoir les réserves d'hommes qui étaient de l'autre côté des détroits. La traversée du Bosphore n'est qu'un jeu et, dans les Dardanelles, la passe de Tchanak n'a que 1.270 mètres de largeur. De l'Asie, plusieurs vallées conduisent vers la Marmara, cette mer tranquille que le golfe d'Ismid prolonge vers l'est, accentuant la pénétration vers les terres fertiles de l'Anatolie et développant les rivages qui créent les marins et les aventuriers.

Il existe un parallélisme singulier entre la disposition générale de la péninsule anatolienne et de la presqu'île des Balkans. Toutes deux sont bornées par deux mers: la Méditerranée et la mer Noire ; toutes deux se font précéder d'un chapelet d'îles et d'îlots et de caps, survivances des terres effondrées au Quaternaire alors que l'Europe, établissant son équilibre actuel, créait la mer Egée avec la Marmara. De chaque côté aussi les vallées anciennes, en descendant sous les flots, ont donné naissance à des golfes sans nombre. La multiplication des surfaces côtières, par les découpures continentales et par les îles, est ainsi considérable et explique certaines particularités de l'histoire dans ces régions, notamment pour ce qui concerne les Grecs. Sur le littoral de la mer Egée, la péninsule des Balkans ouvre quelques vallées: le Vardar, la Maritza, que les peuples navigateurs ont facilement rencontrées. Au nord du Bosphore, la grande étendue de rivages de la mer Pontique assurait le peuplement par les migrateurs qui gardaient le contact du littoral pour ne point s'égarer.

Enfin, et surtout, la large voie du Danube établit à son tour le contact entre le monde asiatique

et le monde européen. Les Brachycéphales néolithiques l'ont probablement remontée pour, de sa région supérieure, se répandre au nord et au sud du massif alpin, et plus tard les masses conquérantes des Huns et des Ottomans. A l'âge du bronze et à l'âge du fer, elle est la voie des échanges entre la Scandinavie et l'Archipel. 30 siècles avant J. C., la civilisation égéenne fleurissait dans la péninsule des Balkans, puis la civilisation mycénienne. L'âge du fer lui apporte la civilisation halstattienne, puis celle de la Tène, par l'Illyrie, et certains auteurs pensent que cet apport de civilisation correspond à l'invasion dorienne dans le Péloponèse.

Beaucoup d'hommes venant de l'occident ou du septentrion ont descendu cette voie comme un chemin naturel, pour se répandre vers le sud : tous ceux que nous appelons les Barbares, arrivés les uns de l'ouest comme les Gaulois, les autres écoulés des étendues de la Scythie. En bien des points, les bords du fleuve côtoient des plaines immenses, déroulant à l'infini leurs vagues de terre. D'une rive à l'autre, c'est l'invite à la conquête par les facilités de la pénétration. Les Néolithiques et les Protohistoriques connaissant déjà cette route, il est tout naturel de voir les contrées qu'elle traverse, dès que s'écrivent les premières pages de l'histoire balkanique, assaillies de tous les côtés. Pendant des centaines d'années, la rive gauche du Danube est continuellement battue par les flots des Barbares, qui viennent de l'est et du nord. Le fracas de leurs hordes en marche, durant plusieurs siècles, domine les bruits du fleuve aux flots pressés. Il vient aussi des envahisseurs par la mer. C'est l'époque où l'Asie occidentale déferle sur l'Europe. Des masses d'hommes sans cesse renouvelées s'acharnent à conquérir ce coin de terre comme si aucun autre n'était plus désirable.

Doriens, Thessaliens, Pélasges, Illyriens, Scythes, Thraces, Gètes, Daces et tous les autres montent et descendent ou franchissent les vallées balkaniques, s'établissent sur les côtes ou en sont refoulés.

En 300, les Galates culbutent les Illyriens et les Thraces. A la grande époque des migrations des peuples, les Slaves — nous retenons spécialement leur arrivée — paraissent submerger la péninsule. Il s'agit là, sans doute, d'un terme générique, d'une étiquette appliquée sur des peuples divers, d'origines ethniques différentes. D'ailleurs tous ces noms, et ceux des envahisseurs qui viendront ensuite, n'ont pas, aujourd'hui encore, de correspondances anthropologiques précises et nous ne notons leur présence que pour mémoire.

***

Alors que les deux autres péninsules méditerranéennes, la péninsule Ibérique et l'Italie, participaient activement à la civilisation paléolithique la plus ancienne, la presqu'île des Balkans paraît, pour des causes qui échappent encore, avoir été en dehors de cette primitive civilisation. Les grossiers quartzites découverts par le marquis de Cerralbo sur les plateaux madrilènes et les coups de poing chelléens de l'Italie ne se retrouvent pas dans la péninsule des Balkans. Et, cependant, la glaciation du Quaternaire a été de faible étendue dans la presqu'île. Elle n'a pu gêner les hommes dans leur extension. Il est donc probable qu'il ne s'agit, en constatant cette absence de documents paléolithiques, que d'un état momentané de nos connaissances.

La période néolithique nous est beaucoup mieux connue, quoiqu'elle laisse encore énormément de choses dans l'ombre. Depuis une vingtaine d'années, une certaine quantité de stations de la pierre polie ont été découvertes dans divers lieux de la péninsule des Balkans : en Bosnie, en Albanie, en Moldavie, en Serbie. Elles sont d'une physionomie générale semblable à celle des kourganes russes ou à celle des stations asiatiques proches de l'Egée. La présence de statuettes à tête de chouette leur donne, à toutes ces habitations humaines, une singulière homologie et les archéologues ont pu penser, avec des chances de certitude, qu'une même civilisation fleurissait, à ce même moment, autour de la mer Noire et de la mer Egée.

Malheureusement, au point de vue anthropologique, nous n'avons, des périodes préhistoriques et protohistoriques, que très peu de documents. Ils sont même tellement insuffisants, pour une aussi grande étendue de territoires, qu'autant dire que nous n'avons presque rien. Les populations des kourganes russes paraissent avoir été des dolichocéphales de grande taille [1].

1. Voici, pour les lecteurs non familiarisés avec les techniques anthropologiques, quelques définitions de termes employés dans l'article de notre collaborateur.

L'indice céphalique est le rapport de la largeur maximum du crâne à sa plus grande longueur. Les crânes courts et larges sont brachycéphales ; les crânes longs et relativement étroits sont dolichocéphales. L'indice céphalique étant un rapport où le diamètre antéro-postérieur est réduit à 100, il s'exprime naturellement par des chiffres. Dans la nomenclature de Broca, les crânes dolichocéphales ont un indice inférieur à 75. Les crânes brachycéphales ont un indice supérieur à 83,33. Les formes crâniennes intermédiaires s'échelonnent entre deux.

L'indice nasal est le rapport de la largeur à la longueur du nez. Sur le vivant, les individus leptorrhiniens ont un indice inférieur à 70. Les mésorrhiniens ont un indice compris entre 70 et 85 et les platyrrhiniens débutent à l'indice 85.

(La Réd.)

Une petite série de squelettes provenant de la station de Cucuteni en Moldavie, et que j'ai étudiés à l'université de Jassy, renferment déjà des mésaticéphales et un sous-brachycéphale. Si nous pouvions étendre cette observation à la péninsule des Balkans, elle enlèverait toute unité au groupe humain qui l'habitait à la période néolithique. Il est préférable de ne pas utiliser ces matériaux en vue d'une généralisation. Mais il faut insister auprès de tous les fouilleurs, de tous les archéologues, de tous ceux qui, pour une raison ou une autre, pourraient découvrir des squelettes préhistoriques ou protohistoriques dans la presqu'île des Balkans, et les supplier de les conserver. Ce sont les seuls documents susceptibles d'établir l'ethnogénie des populations balkaniques. Les archéologues de la Grèce — je veux dire, tous ceux qui ont travaillé en Grèce — sont impardonnables d'avoir laissé perdre les matériaux d'étude les plus précieux. Ils avaient devant eux les œuvres exhumées; ils ont délaissé les ouvriers qu'ils trouvaient à côté. Cette erreur scientifique est cause que nous ne savons pas encore à quel groupe ethnique appartenaient les admirables artistes de la Grèce et de l'Asie mineure hellénique. Elle est cause également que nous ne pouvons rien dire, du point de vue anthropologique, des successions de civilisations de la Grèce classique. Et cette observation, hélas! peut être étendue à toute la péninsule des Balkans. Dans l'état présent de nos connaissances, il est impossible de rattacher les populations actuelles aux populations d'autrefois.

***

La péninsule des Balkans offre un champ magnifique d'observations anthropologiques. Il y a d'abord à connaître tout le vaste chapitre des populations préhistoriques et protohistoriques, dans leur ordre de succession chronologique, et établir, pour chacune d'elles, leurs caractères ethniques. Je crois que la Bosnie-Herzégovine est le pays balkanique qui, aujourd'hui, grâce aux missionnaires scientifiques du Landesmuseum de Sarajevo, a la possibilité d'aligner le plus grand nombre d'informations. Après elle, vient la Roumanie.

Ensuite, il faudra établir la physionomie ethnique des divers groupes de Barbares qui ont envahi la péninsule. Enfin, arrivés au seuil des temps modernes, les anthropologistes devront, dans une vaste enquête systématisée, relever les caractères somatologiques des habitants de chacune des parties de la presqu'île. Nous pouvons assurer de belles récoltes à ceux qui entreprendront cette étude, vraiment passionnante. La Roumanie et la Bulgarie sont actuellement, de tous les pays balkaniques, ceux qui à cet égard sont les mieux connus.

Au cours de cinq voyages dans la péninsule des Balkans, j'ai recueilli plus de cent mille notations anthropométriques et descriptives, et je crois pouvoir dire que bien des problèmes ethniques ont surgi, de ce fait, à mon horizon. Certains groupes ethniques de la péninsule sont, au point de vue de l'histoire de la presqu'île des Balkans — et d'ailleurs de tout le bassin de la Méditerranée orientale — d'un intérêt capital : les Albanais, les Roumains, pourraient être donnés comme exemple. Tous les autres aussi d'ailleurs.

Dans tous les cas, il est parfaitement certain que la péninsule des Balkans n'est pas habitée par des hommes d'une origine commune. Plusieurs groupes ethniques primitifs, plusieurs races, ou plusieurs unités anthopologiques, comme on voudra, ont participé à la constitution des peupes balkaniques et ils se sont juxtaposés, mélangés, triturés, dans des proportions que nous ignorons encore. Les groupes humains cantonnés dans les territoires qui s'appellent aujourd'hui la Bosnie-Herzégovine, le Monténégro, l'Albanie, la Serbie, la Roumanie, la Bulgarie, la Turquie, la Grèce, sont loin de représenter, chacun d'eux, une de ces unités anthropologiques. Puis, au milieu d'eux, il y a des nomades, les Tsiganes. Nos documents, tout incomplets qu'ils sont, nous permettent déjà, avec certitude, cette première affirmation d'hétérogénéité. Il reste à savoir combien de groupes humains ont participé à la formation de la population actuelle, la manière dont ils sont rassemblés dans la péninsule et, pour les populations les moins homogènes, somatologiquement, essayer de déceler la proportion des types divers qu'elle renferme.

Quand cette première partie de la tâche sera achevée, il restera à rattacher ces populations à chacun de leurs ancêtres primitifs. Cette tâche sera surtout dévolue à nos descendants, mieux informés que nous.

***

La *Bosnie-Herzégovine* a déjà été l'objet, dans cette Revue[1], d'une série d'importants articles, tous dus à des spécialistes et constituant une sorte de monographie générale de ces deux régions, géographiquement si différentes. Il faut constater, cependant, que, dans cette série d'études, l'anthropologie a été quelque peu sacrifiée.

1. Voir la *Revue* des 30 mars et 15 avril 1900.

Dans la péninsule des Balkans, le groupe Bosniaque et Herzégovinien (et je crois tout à fait qu'on peut, à cet égard, lui adjoindre le groupe Monténégrin) constitue un élément humain ayant une physionomie à lui, différant, dans son ensemble, de celle de ses voisins balkaniques. Il est caractérisé par la plus haute stature moyenne de toute la péninsule (1 m. 72), en même temps que par une brachycéphalie très accentuée (indice céphalique moyen 85,7, d'après Weisbach).

La proportion des hommes très grands est considérable, ce qui donne à cette population une remarquable unité. Après les Ecossais, qui, dans l'état actuel de notre documentation, sont les hommes les plus grands de la Terre (les Ecossais du Galloway ont plus de 1 m. 78 comme stature moyenne), viennent — sur tout l'espace de l'Europe — se placer les Bosniaques-Herzégoviniens. Et les Herzégoviniens sont même plus grands que les Bosniaques. Ce fait mériterait d'être examiné de près. La qualité géographique de l'Herzégovine, si différente de la Bosnie, et certainement beaucoup plus pauvre, pourrait être rapprochée de cette différence somatologique. Ceux qui étudient l'influence du milieu sur la taille ont là un intéressant terrain de discussion.

Dans la carte de Deniker [1], la couleur employée pour représenter la haute stature des Bosniaques-Herzégoviniens est la seule de cette teinte dans tout l'orient de l'Europe. Pour la retrouver, il faut aller chez les Lives de la Baltique, dans quelques endroits de la Scandinavie et dans les îles Britanniques. Au nord de la Bosnie, une influence ethnique, venue vraisemblablement de la Mésopotamie Slavone, diminue un peu la taille moyenne de la population. Tous les voyageurs qui ont traversé la Bosnie et l'Herzégovine ont été frappés par la beauté physique des habitants de ces contrées, qu'il s'agisse des Croates (catholiques), des Serbes (orthodoxes), ou des Turcs (musulmans). Et le costume, toujours très seyant, fait valoir la haute stature et l'harmonie des formes. Les soldats Bosniaques-Herzégoviniens constituent les plus beaux régiments des armées de François-Joseph.

L'indice céphalique des Bosniaques-Herzégoviniens oscille autour de 85, ce qui représente une brachycéphalie élevée. J'ai étudié tous les crânes que possède le Landesmuseum de Sarajevo et la série en est déjà imposante. L'Herzégovinien est plus brachycéphale que le Bosniaque, et l'Herzégovine possède aussi une proportion d'individus très brachycéphales plus grande que la Bosnie. Nous retrouvons ici le phénomène déjà observé à propos de la taille. Le voisinage de la Croatie et de la Slavonie a modifié le type céphalique du Bosniaque du nord, tandis que l'Herzégovinien n'a pas subi au même degré les métissages.

Les Bosniaques-Herzégoviniens, dans leur ensemble, appartiennent à la race Adriatique, qui associe à la haute stature et à la brachycéphalie des yeux et des cheveux foncés. On les considère volontiers comme les descendants des Illyriens. Mais il faut dire que nous ne connaissons pas grand'chose des caractères anthropologiques de ceux-ci.

***

Le *Monténégro* est, anthropologiquement, très peu connu. Je l'ai trop rapidement parcouru pour faire des observations anthropométriques sérieuses. Les quelques Monténégrins que j'ai mesurés étaient tous des hommes de très haute stature et tous étaient fortement brachycéphales. D'ailleurs la simple traversée du Monténégro, de Cattaro à Scutari d'Albanie, un séjour même rapide à Cettigné, suffisent pour se convaincre de la stature remarquablement élevée des Monténégrins et de leur physionomie ethnique générale, car celle-ci est uniforme. Je crois pouvoir dire — des études ultérieures le confirmeront sans doute — qu'on peut rattacher les Monténégrins, par l'ensemble de leurs caractères somatologiques, aux Bosniaques-Herzégoviniens. Peut-être pourrait-on encore rattacher à ces trois groupes un certain nombre — mais un petit nombre, je suppose — de Serbes et d'Albanais.

***

Jusqu'il y a très peu de temps, les caractères anthropologiques des *Serbes* nous étaient presque inconnus. Des chiffres peu utilisables de Lazarewitch relatifs à la taille, quelques indications dues au prince Wiazemsky, concernant la couleur des yeux et des cheveux et celle de la peau (et aussi quelques chiffres de tailles) chez les Serbes de Serbie, constituaient à peu près toute la documentation mise entre les mains des ethnologues. Il n'existait aucune indication capable de nous renseigner sur les caractères de l'indice céphalique. Etant donnée cette pénurie de renseignements, ma petite série de 117 Serbes représente presque une fortune.

La taille des Serbes est élevée (1 m. 70 à 1 m. 71 probablement). Cette stature est un peu inférieure à celle des Bosniaques-Herzégoviniens, leurs voisins immédiats de l'ouest. En outre, ces

1. Nous utiliserons dans ce paragraphe les documents rassemblés par Deniker.

derniers ont une proportion d'individus très grands bien plus considérable.

L'indice moyen des Serbes est de 80,42. Il indique la sous-brachycéphalie. Beaucoup de Serbes sont dolichocéphales. Par ces deux caractères, ils s'éloignent tout à fait de leurs voisins du nord, de l'autre côté du Danube, les Magyars. Ces derniers sont des brachycéphales de petite taille.

Il y a même, parmi les Serbes, plus de dolichocéphales que de brachycéphales. Et c'est la raison pour laquelle nous avons dit tout à l'heure que, si des liens de parenté unissaient certains Serbes avec les Bosniaques-Herzégoviniens, ces Serbes devaient être en petit nombre. C'est aussi cette raison, nous le verrons plus tard, qui empêche de considérer certains Albanais comme les parents ethniques des Serbes.

En même temps qu'ils sont sous-brachycéphales, les Serbes sont des mésorrhiniens. Ils ont aussi fréquemment les yeux bleus ou gris. En additionnant les trois teintes : gris, gris bleu et bleu, j'obtins une proportion de 59,7 % d'individus possédant ces caractères. Les Serbes ont fréquemment les cheveux châtains (40 %) et bruns (32 %), tandis que, chez eux, les cheveux blonds sont rares (8 %). Leur nez est droit dans la majorité des cas. Mais souvent — et ceci est intéressant à constater à cause de l'origine soi-disant slave attribuée aux Serbes — le nez de cette population est relevé à son extrémité.

Quelle est l'origine ethnique des Serbes? Dans l'état actuel de nos connaissances, il est impossible de tenter même une esquisse de leur parenté avec les populations préhistoriques ou protohistoriques de la péninsule. Mais, si l'on essaie de les apparenter aux peuples barbares qui envahirent les pays balkaniques du IVe au VIe siècle, nous pouvons, historiquement et linguistiquement, les rapprocher des tribus slaves appelées par Heraclius. Mais alors ces Serbes ne sont probablement pas les parents des Croates attirés en même temps qu'eux.

D'autre part, pour ce qui concerne les Slaves de la Russie, nous savons qu'en dehors de quelques groupes de taille relativement haute, — descendants des Varègues scandinaves — ils sont tous, en moyenne, de taille très inférieure à celle des Serbes.

*

Les *Roumains* n'occupent pas seulement dans la péninsule des Balkans le territoire des anciennes principautés et celui de la Dobroudja qui forment aujourd'hui le royaume de Roumanie. Quelques-unes de leurs colonies sont disséminées au nord du Danube, en Serbie, en Bulgarie, en Thrace, en Macédoine, et jusqu'autour du Pinde, où ils forment un massif compact. Ces Roumains du sud péninsulaire sont appelés par les Grecs Koutzo-Valaques ou Tzinzares. Jusqu'à présent les Roumains du royaume ne les ont pas abandonnés. Entre autres choses, ils ont institué pour eux des écoles roumaines, où la langue métropolitaine assure à ces enfants éloignés de la mère patrie les liens que donne une éducation semblable créant des traditions identiques. Au nord et à l'ouest de la frontière royale, il y a les masses compactes des Roumains de Transylvanie et du Banat : à l'est ceux de Bessarabie.

Naguère, la science était aussi dépourvue de documents anthropologiques au sujet des Roumains qu'au sujet des Serbes. Dans le texte accompagnant sa carte de l'indice céphalique en Europe, Deniker n'a rien pu mentionner qui se rapporte aux Roumains du royaume. Les matériaux qu'il a utilisés concernent les Roumains de Bulgarie et d'Autriche-Hongrie.

J'ai examiné et mesuré au moins un millier de Roumains, mais comme j'espère poursuivre encore plus complètement mon enquête à leur sujet, je n'ai pas encore mis en œuvre tous ces matériaux. Je n'ai publié jusqu'à présent que les études de cinq ou six séries de crânes mesurés en divers lieux de la Roumanie et les indications fournies par l'étude anthropométrique de 180 Roumains des deux sexes (la série féminine est très petite).

Les Roumains recherchent leurs origines ethniques parmi les Gètes et les Daces romanisés par Trajan. Historiquement, les auteurs admettent volontiers que les Roumains sont les descendants des Daces, auxquels se mêlèrent des colons venus d'un peu partout, attirés par l'empire. Les chroniques indigènes racontent qu'au moment des invasions barbares le noyau du peuple roumain s'était réfugié dans le Marmarosch (Carpathes hongroises), d'où, plus tard, il descendit vers les plaines du sud-est pour fonder définitivement la Roumanie actuelle. Les pasteurs transhumants qu'on rencontre à la tête de leurs moutons dans le Baragan et dans la Dobroudja accomplissent encore aujourd'hui le même trajet. Le peuple roumain a toujours eu les regards tournés vers les Carpathes de Transylvanie, où il considère que se trouvent ses origines. Dans la guerre actuelle, il n'oublie pas ce souvenir.

Du point de vue anthropologique, il serait d'un très grand intérêt d'étudier la population roumaine de la région montagneuse et de la comparer avec celle de la plaine. J'ai esquissé une étude de ce genre, et j'en dirai deux mots tout à l'heure.

Les caractères anthropologiques des Roumains sont en gros les suivants : taille moyenne 1 m. 65; indice céphalique 82,92; indice nasal 69,90. Chamaeprosopie (face relativement courte et large).

Le chiffre indiqué pour la taille moyenne confirme ce que nous savions jusqu'alors de ce caractère, pour ce qui concerne les Roumains en général. Les Roumains du Banat paraissent plus petits (1 m. 63) et les Roumains de Bukovine plus grands (1 m. 67).

Dans l'ensemble de notre série, il y a incomparablement plus d'hommes dont la stature est grande que d'individus dont la stature est petite. La moyenne du groupe ethnique est obtenue non pas par un ensemble à peu près homogène, mais, au contraire, grâce à la compensation réciproque des hautes et des petites statures. Rien que cette constatation signale l'existence de populations mélangées se combinant pour la composition de la population roumaine.

L'indice céphalique moyen indique la sous-brachycéphalie. Ce caractère est bien celui du plus grand nombre. En examinant le détail des diverses formes céphaliques, on constate que les crânes dolichocéphales sont en quantité moindre que les crânes brachycéphales. La majorité des Roumains est donc bien composée par des hommes à crâne arrondi (les hyperbrachycéphales sont même plus nombreux que les brachycéphales vrais).

Dans les Carpathes transylvaines et dans la Bukovine, les Roumains ont un indice céphalique plus élevé (Himmel, Weisbach). Peut-être, dans notre série, les Roumains de la plaine, surtout ceux des bords du Danube, sont-ils plus souvent dolichocéphales? — Résultats de mélanges avec les populations bulgares ou bulgarisées — ou serbes? Ou plus souvent mésaticéphales, résultats de métissages?

En séparant les Roumains de la montagne et ceux de la plaine, je constate que les premiers sont plus brachycéphales que les seconds. Si les suppositions historiques correspondent à la réalité, le type physique des Roumains véritables devrait être, entre autres choses, caractérisé par la brachycéphalie.

En même temps qu'ils sont brachycéphales, les Roumains du royaume sont leptorrhiniens. Chez eux, la platyrrhinie est rare. Ils ont généralement les yeux bruns (51,4 %), assez souvent gris ou gris mêlé de brun. Les yeux bleus (8,9 %) et les yeux gris (8,9 %) ne sont pas très rares. Les cheveux des Roumains sont ordinairement foncés, beaucoup moins souvent (18 %) châtains, rarement blonds (2,7 %). Leur nez est généralement droit (51 %) mais, fréquemment, ce nez d'abord droit, c'est-à-dire non excavé à la racine, se relève à son extrémité. Y aurait-il là un souvenir d'une influence slave?

*
* *

Les *Bulgares* ne constituent certainement pas un groupement ethnique homogène. Les premiers travaux des anthropologistes l'ont immédiatement démontré. Les diverses régions du royaume de Bulgarie — pour ne pas sortir de cette circonscription géographique — renferment des hommes issus de diverses origines. Ils se rattachent d'une part aux autochtones, descendants des Néolithiques que trouvèrent les premiers Barbares en arrivant dans ce pays, et, d'autre part, à ces Barbares eux-mêmes. Il existe vraisemblablement chez les Bulgares, dans des proportions qui ne sont pas égales, deux types principaux dont il s'agira de rechercher les liens héréditaires.

Lorsque l'invasion bulgare s'est avancée dans la péninsule des Balkans, quelle était la physionomie ethnique de ces envahisseurs? Son image était-elle pure? Ou reflétait-elle déjà l'existence d'un métissage? Voilà ce que nous ne savons pas. Nous pouvons essayer, à l'aide de nos enquêtes anthropologiques personnelles, de nous représenter quel pouvait être, probablement, le facies des bandes bulgares qui, successivement, s'étendirent sur la presqu'île. On sait que leur pénétration vers le sud a été très forte; du moins l'histoire nous l'affirme. Aujourd'hui, il existe probablement des groupes bulgares, originaires de ces bandes, disséminés en dehors du territoire délimité par le traité de Bucarest. Sont-ce des Bulgares au sens anthropologique de ce mot? Nous n'en savons rien. Les visées politiques consistant à réclamer, pour les faire entrer dans le giron national, des populations bulgarophones, sous le prétexte que ces populations sont bulgares de race, ne sont, au point de vue scientifique et à cause de l'état présent de nos connaissances, qu'une chimère : pour lui donner de la puissance, on la revêt d'oripeaux ethnologiques.

Cette observation s'applique d'ailleurs à tous les essais de même nature qui, surtout depuis la guerre de 1877-1878, ont été tentés par les divers groupes politiques de la péninsule des Balkans.

Entre le troisième et le sixième siècles, de nombreuses bandes de Bulgares ont traversé le Danube. L'une d'elles, d'origine « finno-ouralienne » — ce qui est terriblement vague — a su fonder un État solide. Après avoir vécu longtemps dans la Sarmatie, les Bulgares s'étaient avancés vers la péninsule des Balkans. C'est vers 485 probablement qu'ils s'établirent dans la Moldavie

et dans la Valachie orientale (Obédénare). Après le départ des Ostrogoths, ils s'écoulent vers le sud.

Les Bulgares qu'on trouve, au VIe et au VIIe siècles, répandus dans la Macédoine et l'Épire, sont-ils véritablement des Bulgares, ou des Bulgarisés? Quelle est la part des Slaves, qui donnèrent aux Bulgares leur langue, dans la composition somatologique du groupe bulgare? Une foule de problèmes se posent. Certains historiens admettent qu'au IXe siècle la population Slavo-Bulgare ne formait plus qu'un seul bloc, ethnographiquement et linguistiquement homogène. Cela n'est pas pour simplifier le problème.

Depuis l'invasion ottomane, des peuples asiatiques divers ont été installés par les sultans dans les territoires de la Bulgarie actuelle : des Tatars, des Tcherkesses, des Turcs Osmanlis. Malgré divers auteurs qui ont cru pouvoir retrouver, dans les types physiques de la population bulgare, la preuve de mélanges — par exemple les Bulgare-Tatars d'Obédénare — nous ne pouvons apporter à l'appui de cette assertion aucun témoignage anthropologique.

Jusqu'en 1904, les documents somatologiques relatifs aux Bulgares étaient véritablement insuffisants. A ce moment-là, Wateff a publié les premiers résultats de la grande enquête qu'il a instituée pour connaître les caractères anthropologiques de ses concitoyens. Personnellement, j'ai étudié de nombreux Bulgares, mais je n'ai publié que deux travaux les concernant (en 1901, avant Wateff, une étude de 61 individus; en 1914, une étude de 250 individus, dont 50 femmes). Je vais résumer ci-dessous ce que l'on sait actuellement des caractères anthropologiques de ce groupe ethnique.

La taille moyenne des Bulgares est de 1 m. 66. Peut-être les Bulgares de Macédoine sont-ils un peu plus grands : 1 m. 67 (?). Les statures relativement basses (tailles petites et au-dessous de la moyenne de la nomenclature) sont beaucoup moins fréquentes que les tailles au-dessus de la moyenne et les grandes tailles. Ces dernières, chez les Bulgares que j'ai étudiés, sont dans la proportion de 65 %.

L'indice céphalique des Bulgares doit osciller autour de la moyenne 79. La grande série de crânes mesurés par Wateff et les individus vivants examinés par le même auteur donnent des résultats semblables. Mes recherches personnelles confirment cette indication. La sous-dolichocéphalie moyenne des Bulgares me paraît provenir de la présence d'une assez grande quantité d'individus à crâne vraiment dolichocéphale. Dans ma propre série, j'en trouve une proportion de 54 %, tandis que les formes brachycéphales ne représentent que le 34 % de la masse ethnique. On voit que, dans la formation du groupe ethnique hétérogène portant le nom de Bulgares, ce sont des hommes à crâne allongé qui ont joué le rôle principal. C'est ce type-là que Kopernicki considérait comme le représentant de la race pure, celui qui, pour Obédénare, aurait été dominé par les Bulgares-Tatars.

Les proportions des diverses formes céphaliques trouvées par Wateff ne sont pas les mêmes que les miennes ; mais sa classification n'est pas, non plus, la même. Il a rencontré un nombre plus grand de brachycéphales que moi. D'ailleurs, j'ajoute qu'à moi-même une étude ancienne de 61 Bulgares de diverses régions de la Bulgarie m'avait donné une majorité de brachycéphales. Au surplus, pour le moment, peu importent ces divergences, au point de vue du résultat général, qui est de constater que les Bulgares sont un peuple parfaitement hétérogène.

Si nous cherchons, parmi les voisins des Bulgares, ceux qui présentent un indice céphalique rapproché de l'indice céphalique moyen fourni par les sujets du tzar Ferdinand, nous ne trouvons que les Serbes qui, historiquement, ont toujours vécu à côté d'eux.

La couleur dominante des yeux, chez les Bulgares, est le brun, puis vient le gris. Les iris bleus ne sont pas rares. En ajoutant ces deux pigmentations peu prononcées, nous trouvons une proportion de 37 %. L'enquête de Wateff donne des résultats à peu près semblables.

Les cheveux des Bulgares sont souvent bruns et châtains. Les cheveux blonds sont exceptionnels. Au contraire de moi, Wateff a trouvé beaucoup de Bulgares ayant des cheveux blonds. Mais cette différence entre les résultats provient, en bonne partie, de ce que l'auteur bulgare a observé un grand nombre d'enfants chez qui les cheveux sont blonds dans la prime jeunesse, pour devenir, plus tard, foncés. C'est là un phénomène fréquent dans les populations européennes.

L'examen de la forme du nez indique surtout des nez droits. Après ceux-là, ce sont les nez relevés à leur extrémité qui sont les plus communs.

Il résulte donc de toutes ces constatations somatologiques : taille, indice céphalique, pigmentation — nous pourrions en ajouter d'autres — que les Bulgares ne représentent pas un type anthropologique pur, une race. Ils sont composés par un mélange ethnique dans lequel le type dit slave doit avoir joué mi un rôle portant.

Parmi les peuples balkaniques, les *Albanais* constituent un problème ethnologique d'un très haut intérêt. L'origine de cette population est une des plus indéchiffrées. Des ethnographes, de l'ordre linguistique, comme de Hahn et Lejean, les considèrent comme les descendants des anciens Illyriens. Mais qui étaient ces Illyriens? D'autres auteurs, Albanais eux-mêmes comme Adamidi, les appellent les Pélasges du Nord. On sait que le fleuve Skhoum (Scombi, Genesus) sépare les Albanais en deux groupes géographiques : ceux du nord sont les Guègues; ceux du sud sont les Toskes. Ces Guègues (Ghègues) sont musulmans ou catholiques, les Toskes sont musulmans ou orthodoxes.

On signale des colonies albanaises assez nombreuses en dehors du territoire de l'Albanie balkanique, entre autres dans la Bessarabie et dans la Grèce. L'Italie du sud renferme des colonies albanaises (l'ancien ministre Crispi se réclamait de cette origine). Mais je crois pouvoir affirmer que ces colonies italiennes ne sont pas peuplées par des Albanais de race. Leurs caractères anthropologiques sont loin d'être semblables à ceux des Albanais de la péninsule des Balkans.

Les documents concernant la somatologie des Albanais sont rares. C'est qu'aussi on n'entre pas en Albanie comme au moulin. Un voyage scientifique dans ce pays est une chose plutôt malaisée. C'est pourquoi, avant 1910, on ne connaissait que l'étude de deux séries d'individus vivants: celle de Glück (30 Albanais provenant surtout des districts de Prizrend et de Djakova) et la mienne (25 Albanais de régions diverses). On peut y ajouter 17 hommes dont la taille a été mesurée par Weisbach.

Nos connaissances purement craniologiques étaient encore moins riches. En 1910, j'ai publié le résultat d'un examen somatologique de 112 Albanais. C'est, j'imagine, encore aujourd'hui, la plus grande série connue.

La taille des Albanais, ceux-ci étant considérés en bloc, sans aucune spécification géographique, est de 1 m.67. Les Ghègues paraissent être plus grands que les Toskes. Mais une confirmation définitive de ce fait paraît nécessaire. Il y a chez les Albanais extrêmement peu d'individus de petite stature. En suivant les indications de la nomenclature (Topinard), je n'en trouve que 9 %, tandis que les tailles au-dessus de la moyenne et les grandes tailles sont très nombreuses (66 %). Evidemment les Albanais sont moins grands que leurs voisins, les Bosniaques-Herzégoviniens et les Monténégrins. Ils sont aussi moins grands que les Serbes, mais ils dépassent — légèrement — la stature des Grecs qui sont leurs voisins du sud. Rappelons que les Toskes qui sont au midi du Skhoum, et par conséquent les plus proches voisins des Grecs, paraissent avoir une taille plus petite que celle des autres Albanais.

Le crâne des Albanais est très nettement brachycéphale. C'est le plus brachycéphale de toute la péninsule des Balkans. Son indice céphalique moyen (86,36) dépasse celui des Bosniaques-Herzégoviniens, qui sont pourtant fortement brachycéphales.

Lorsqu'on examine individuellement l'indice céphalique des Albanais, on constate que les crânes dolichocéphales sont rares dans ce groupe ethnique, ce qui confirme déjà, d'une façon péremptoire, les caractères fournis par l'indice moyen. Sur 112 hommes, je n'en trouve que 10 qui auraient un crâne de ce type (y compris la sous-dolichocéphalie), tandis que le 79,5 % de la série est brachycéphale.

Les Toskes paraissent être plus brachycéphales que les Ghègues, et aussi plus souvent brachycéphales qu'eux (88 % contre 66 %).

Ainsi, en associant deux caractères, les Toskes seraient un peu moins grands, mais plus brachycéphales que les Ghègues.

Les Albanais, à quelque groupe qu'ils appartiennent, ont les yeux généralement bruns (58 %). Un petit nombre d'individus ont les yeux bleus (9 %). Les cheveux des Albanais sont foncés ou très foncés : les cheveux noirs, bruns foncés et bruns, réunis, représentent le 78,4 % ; ils sont rarements blonds (4 %). Leur nez est droit avec tendance à l'aquilinie, ou franchement aquilin. Ces types représentent la majorité des cas (85 %).

Les Albanais paraissent avoir des crânes absolument et relativement peu développés. Ce sont les crânes les moins grands que nous ayons trouvés dans la péninsule des Balkans. Les Albanais sont des hommes de stature élevée possédant de petites têtes. Peut-être ce caractère pourra-t-il être utilisé ethnologiquement?

*
* *

Le traité de Berlin, puis la guerre de 1913, ont considérablement diminué le domaine politique des *Turcs* en Europe. Petit à petit les Ottomans suivent, dans le sens inverse, le chemin ouvert par leurs ancêtres dans l'Europe orientale. Néanmoins il reste, à peu près partout dans la péninsule, des contingents plus ou moins considérables de Turcs. Ils composent une partie de l'élément rural de la Dobroudja, de la Bulgarie, de la Macédoine, etc. C'est une population travailleuse, calme, éminemment honnête; la

prohibition de l'alcool leur assure des qualités qu'on chercherait en vain chez les Européens autour d'eux.

Si les Turcs se maintiennent encore, par-ci par-là, dans leurs anciens territoires, il n'en reste pas moins qu'ils ont beaucoup diminué dans l'ensemble de la Presqu'île. Fréquemment, en pleine steppe, on rencontre des cimetières turcs abandonnés sans aucune trace de villages aux environs. Les noms mêmes des localités turques s'effacent du souvenir ; ils sont remplacés par d'autres noms : bulgares, ou grecs, ou serbes, ou roumains.

L'étiquette à la fois politique et religieuse de Turc n'est qu'une étiquette. Elle n'exprime pas un résultat scientifique. Les caractères hétérogènes de la population turque s'expliqueraient déjà, en dehors de toute recherche anthropologique, par le rappel de l'histoire. En Asie, les conquêtes des Sultans ont placé sous le nom turc des peuples de noms divers aux physionomies ethniques très différentes. Ordinairement, on fait entrer dans la « race turque » des populations variées répandues sur de vastes espaces en Asie, en Europe, dans l'Afrique du Nord, qui parlent des dialectes turcs ou turco-tatars.

Sans entrer dans le détail de cette répartition, nous allons esquisser rapidement ce que l'on sait des caractères anthropologiques des populations turques de la Presqu'île des Balkans en formulant encore cette réserve : la Péninsule renferme des groupes humains inscrits sous le nom de Turcs et qui historiquement sont simplement des islamisés : les « Turcs » de Bosnie-Herzégovine, les Pomaks de Bulgarie, etc. Ils sont rangés aujourd'hui sous le drapeau du Prophète, mais leurs ancêtres n'ont jamais appartenu aux populations qui ont envahi la Péninsule à la suite de Mahomet II. Les caractères morphologiques de ces Turquisés ne seront pas analysés ici.

Jusqu'à ces dernières années, les Turcs d'Asie (grâce aux travaux de Chantre, d'Eliséef, de von Luschan) étaient mieux connus que les Turcs d'Europe. Ces derniers avaient été l'objet de deux ou trois petites études ; quelques crânes, de modestes séries d'individus vivants (Bassanovitch : 42 Turcs de Bulgarie ; Weisbach : 44 Turcs divers). Au cours de mes voyages, j'ai mesuré des centaines et des centaines de Turcs. Je donne ici les résultats d'une analyse anthropométrique de 300 Osmanlis.

La stature moyenne des Turcs d'Europe doit osciller autour de 1 m. 67. Ce chiffre est en opposition complète avec celui précédemment donné (1 m. 64) et que l'on trouve dans les listes européennes. Deniker, sur la foi des renseignements qu'il possédait, a écrit : « Les Turcs Osmanlis de l'Europe sont de petite ou de moyenne taille, autant qu'on en peut juger par les faibles séries..., etc. » Je soupçonne Bassanovitch et Weisbach d'avoir, sous le nom de Turcs, mesuré un certain nombre de Tartares.

Dans tous les cas, les chiffres que j'indique se rapprochent de ceux fournis aux anthropologistes par les Turcs d'Asie-Mineure (Ernest Chantre : 1 m. 71). Et j'ai le sentiment que le chiffre que je donne doit être plus exact que les chiffres précédemment exposés, car j'ai essayé d'éliminer les causes d'erreur capables d'influencer une moyenne. D'ailleurs, la répartition des tailles individuelles suffit à démontrer la réalité de mon observation. Les petites tailles et les tailles au-dessous de la moyenne n'interviennent que dans la proportion de 36 %. Les tailles au-dessus de la moyenne et les grandes tailles sont dans la proportion de 63 %. Le 25 % de la série entière dépasse la taille de 1 m. 72. La cause me paraît entendue. Au lieu d'être des hommes de moyenne et de petite taille, les Turcs Osmanlis sont des individus de stature élevée.

L'indice céphalique moyen des Turcs Osmanlis est 82,24 (et ce chiffre doit représenter exactement ce caractère, car je le trouve douze fois sur 20 séries). Il marque la sous-brachycéphalie. Par cette indication morphologique, les Turcs Osmanlis montrent qu'ils sont un groupe ethnique mélangé. En examinant les indices individuels, je trouve 49,5 % d'hommes à caractères brachycéphales, 26 % à caractères dolichocéphales. Le quart des individus examinés étaient mésaticéphales.

Les Turcs d'Asie paraissent plus nettement brachycéphales. Les séries de Chantre et d'Eliséef arrivent toutes deux au chiffre 84 pour représenter l'indice céphalique moyen. Les Ottomans de la Turquie d'Europe (ou de l'ancienne Turquie d'Europe, car celle-ci est bien diminuée !) paraissent être en bonne partie des « Turquisés ». On en aurait encore une preuve indirecte dans ce fait que les crânes turcs mesurés par Ivanowski, dans la Roumélie Orientale, ont donné à cet auteur l'indice céphalique moyen 75,4. C'est là un caractère de dolichocéphalie. Or cette région bulgare est une zone de dolichocéphalie, et ces crânes prétendus turcs étaient simplement ceux d'islamisés dont l'origine ethnique est inconnue.

Il faut ajouter que les Turcs Osmanlis de la Péninsule des Balkans sont des leptorrhiniens, qu'ils ont les cheveux et les yeux généralement foncés. Cependant, chez eux, si les individus blonds sont exceptionnels (0,5 %), on rencontre fréquemment des hommes aux yeux bleus (14 %).

Il serait intéressant de rechercher la provenance de ces iris clairs (il y a une forte proportion d'yeux gris, plus que d'yeux bleus) chez ces peuples orientaux. Ce caractère, d'ailleurs, n'est pas spécial à notre série; Chantre le relève également chez les Turcs d'Asie. Très rarement, on rencontre des Turcs ayant le nez relevé à son extrémité. Chez eux, c'est le nez droit qui est la forme normale; ensuite, c'est le nez droit conduisant à l'aquilinie.

En résumé, les Turcs Osmanlis constituent un groupement ethnique hétérogène. C'est une image assez fidèle des alluvionnements humains qui, politiquement, ont constitué leur nation.

***

Il serait bien intéressant de rechercher s'il existe une filiation entre les *Grecs* anciens et les *Grecs* modernes, et d'établir dans quelle proportion les Grecs d'aujourd'hui ressemblent aux Grecs anciens. Pour le moment, cette filiation est impossible à esquisser; nous avons dit pourquoi dans le début de cet article : la documentation archéologo-anthropologique manque complètement.

La petite quantité de crânes ayant appartenu à des Grecs anciens — qu'ils soient de l'Asie antérieure ou de l'Attique — a fourni un indice céphalique dolichocéphale aux environs de 75. Mais on constate déjà, à ce moment-là, une proportion de 11 °/₀ de brachycéphales. Ajoutons toutefois que cette série est trop faible, numériquement, pour nous permettre une conclusion définitive relativement à la forme de l'ovoïde cranien des anciens Grecs. La taille moyenne des Grecs actuels paraît dépasser légèrement la moyenne européenne. Leur stature semble être comprise entre 1 m. 65 et 1 m. 67. Mais les documents que l'on possède à ce sujet sont encore très clairsemés.

Les Grecs ont probablement une taille semblable à celle des Bulgares, peut-être un peu plus élevée que celle des Roumains; mais leur stature est dépassée par celle de tous les autres Balkaniques.

Le crâne grec est sous-brachycéphale (indice céphalique moyen 82,22), dans une série de 145 Grecs que j'ai mesurés moi-même. Mais des petites, très petites séries que l'on possède (sauf celle de Clon Stephanos), il résulte que dans l'ensemble de la Grèce on remarque des variétés céphaliques nombreuses (exemples : Epire, indice 88; Thessalie, 76,9; Péloponèse, 81, 7). L'Epire serait hyperbrachycéphale, tandis que la Thessalie serait dolichocéphale.

En résumé, ce qui vient d'être démontré par l'indice céphalique montre qu'il n'y a pas en Grèce de race pure. Les Grecs constituent un assemblage multiforme maintenu par des liens sociaux : politiques, historiques, religieux. On peut ajouter qu'au point de vue de l'histoire contemporaine, cette constatation ne manque pas d'intérêt.

Quels sont, parmi les Grecs d'aujourd'hui, les descendants des Pélasges et des Hellènes? Sont-ce les hommes les plus petits ou les plus grands (il semble que la taille seule révèle la présence de deux races principales)? Les plus dolichocéphales ou les plus brachycéphales? Lorsque les fouilles seront plus intelligemment menées — j'entends du point de vue anthropologique — que celles qui ont été pratiquées jusqu'à présent, il sera possible de répondre.

Les Grecs, dans leur majorité, sont leptorrhiniens. Dans la majorité des cas aussi, leurs yeux sont bruns (59,5 °/₀). Les yeux bleus ne sont pas, chez eux, exceptionnels (7,5 °/₀). Nous avons vu que cette couleur n'est pas rare, non plus, chez les Turcs. On trouve chez les Grecs 24 °/₀ d'individus ayant les iris clairs.

Les cheveux foncés sont presque la règle uniforme. Les cheveux blonds sont très rares (1,4 °/₀).

Les Grecs ont le nez droit. C'est la forme classique adoptée par les statuaires de l'Antiquité. On peut dire qu'ils ont rarement le nez relevé à son extrémité (13 °/₀). Cette dernière forme nasale est peut-être la persistance d'une influence ethnique ancienne venue du nord à l'époque de l'empire byzantin.

Le sang des « Barbares » circule encore dans les veines d'un grand nombre d'individus qui se croient dégagés de cette filiation avec ces ancêtres indésirables. Les sentiments se modifient par l'éducation, mais les caractères morphologiques, qui sont les caractères de race, se maintiennent dans leur intégrité. Quand ils sont modifiés, c'est dans des proportions correspondant aux arrivées de sangs différents.

Comme les autres peuples balkaniques, les Grecs sont composés d'alluvions variées, venues de points divers et différents. Ils sont, pour partie, des Méditerranéens — et qui sait la qualité des influences subies aux périodes égéenne et mycénienne, par exemple? — mais ils sont aussi, pour partie, des hommes venus du Nord-Est. A ces deux éléments se sont ajoutés des Asiates de l'Asie antérieure — dans la Grèce continentale comme dans l'ancienne Grèce asiatique. Peut-être que les Grecs d'aujourd'hui doivent à ceux-là une part, au moins, de leur brachycéphalie?

*
* *

Dans cette rapide esquisse des caractères anthropologiques des populations balkaniques, nous ne nous sommes occupés que des populations européennes — auxquelles nous avons joint les Turcs qui habitent la Péninsule depuis plusieurs siècles. Nous avons laissé de côté les Tatars parce que — bien qu'un grand nombre d'entre eux soient les descendants de colonies fort anciennes — il en est arrivé des contingents dans des périodes récentes. Nous avons aussi laissé de côté certains groupes ethniques dont l'importance numérique, en divers lieux, n'est cependant pas à dédaigner, tels les Arméniens, les Kurdes, les Lazes. Nous n'avons rien dit des Juifs.

Mais il est un groupe humain répandu dans toute la Péninsule et dont l'intérêt ethnologique et social est tellement grand qu'il nous est impossible de le passer sous silence. Nous voulons parler des Tsiganes. Avec les Mocanes transylvains, dont la transhumance conduit les troupeaux du nord au sud de la Presqu'île, les Tsiganes sont les seuls individus en continuelle nomadisation.

Qui dira l'origine précise des Tsiganes? Je crois qu'aucune population européenne n'a été l'objet d'autant de recherches anthropologiques. La dernière liste bibliographique publiée sous les auspices de la *Gypsy Lore Society* énumère les titres de 4.577 travaux parus. Il est vrai que, dans ce nombre immense, les travaux de somatologie n'entrent que pour une part très petite.

Miklosic avait divisé les Tsiganes d'Europe en douze groupes. Et il évaluait leur nombre à 600.000 (?).

Nous ne savons pas encore à quelle époque précise les Tsiganes sont apparus en Europe. 1417 paraît être la date d'un grand exode vers l'occident européen des Tsiganes de la Péninsule des Balkans. Et la vallée du Danube semble avoir été la voie qu'ils ont suivie. De 1417 à 1434, ils ont abordé tous les pays européens. Ils sont en Suisse en 1418, en Provence en 1425, à Paris en 1427, etc.

Aujourd'hui, il y a des Tsiganes un peu partout, mais la Péninsule des Balkans reste, sans contredit, leur terre de prédilection. Ailleurs, on les a obligés, plus ou moins, à devenir sédentaires. Sous l'insouciante administration turque qui — heureusement pour l'ethnographe — s'est quelquefois perpétuée dans la Péninsule des Balkans, les Tsiganes ont pu continuer à nomadiser tranquillement.

J'ai publié sur les caractères anthropologiques des Tsiganes de nombreux travaux. Je pense les coordonner prochainement et je ne fais que signaler ici, pour être à peu près complet, la présence de cette curieuse population parmi les autres Balkaniques.

*
* *

En résumé, la Péninsule des Balkans est habitée par des hommes dont la stature est élevée. La moyenne de la taille, pour l'ensemble des populations balkaniques, dépasse notablement la moyenne de l'Europe en général. Dans la plupart des pays balkaniques, c'est la sous-brachycéphalie qui semble prédominer. Aucun groupe ethnique n'est dolichocéphale. Ce sont les Bulgares qui possèdent la plus forte proportion (54 % probablement) d'individus à crânes allongés.

On pourrait se poser la question de savoir quelles sont, somatologiquement, les origines de ces diverses populations balkaniques. La réponse, je crois, serait prématurée. En se basant uniquement sur les caractères morphologiques relevés au cours de cette esquisse rapide, on pourrait conclure que les Balkaniques peuvent trouver leurs attaches primitives dans un petit nombre de groupes ethniques primitifs (je l'ai indiqué dans une Note à l'Académie des Sciences, 25 mai 1915) : 1° un élément de haute taille faiblement dolichocéphale; 2° un élément également de haute taille, nettement brachycéphale. Le groupe bulgaro-serbe appartiendrait au premier type; le groupe albanais au second.

Mais je ne conclus pas d'une manière précise. Il nous manque encore trop d'éléments d'appréciation pour pouvoir formuler autre chose qu'un : peut-être!

Eugène Pittard,
Conservateur du Musée ethnographique
de la Ville de Genève.

CH. BOUCHARD (1837-1915)

Le professeur Ch. Bouchard, que la mort vient de frapper à l'âge de 78 ans, était une des grandes figures médicales de notre époque et occupait dans la Médecine française les plus hautes situations.

Né le 6 septembre 1837 à Montier-en-Der (Haute-Marne), il avait fait à l'Ecole de Lyon ses premières études de médecine avant de venir les compléter à Paris, où il parcourut rapidement les étapes successives de la voie des concours. Externe des hôpitaux en 1861, interne en 1862, docteur en 1866, agrégé et médecin des hôpitaux en 1870, il montra dès ses débuts ses aptitudes scientifiques en publiant des travaux sur l'identité de l'herpes tonsurans et de l'herpes circiné et sur la pathogénie de la pellagre. Elève de Charcot, il consacra des mémoires devenus classiques à divers sujets de pathologie nerveuse, notamment aux dégénérescences secondaires de la moelle et aux anévrysmes miliaires dont il fit l'origine de l'hémorragie cérébrale.

Appelé à succéder à E. Chauffard dans la chaire de Pathologie générale de la Faculté de Médecine, en 1879, il l'occupa pendant 30 ans. C'est là qu'il accomplit l'œuvre qui l'a fait universellement connaître comme un des maîtres de la Médecine française.

Pour la première fois, il enseigna dans notre Faculté, en 1888, le rôle des microbes pathogènes. C'est également à son initiative que la chaire de Pathologie générale put s'adjoindre un laboratoire, d'abord très sommairement installé dans les bâtiments du Musée Dupuytren, mais dont l'activité scientifique et le renom eurent bien vite montré que nulle chaire semblable ne pouvait désormais se passer de cet organe essentiel. C'est de ce modeste laboratoire que sont sorties des recherches de premier ordre, faites sous la direction du maître par des collaborateurs qui bientôt gagnèrent la maîtrise à leur tour et parmi lesquels il convient de citer au premier rang : Capitan, Charrin, Roger.

La pathologie des infections doit à Bouchard des études sur les néphrites infectieuses, la découverte du microbe de la morve, la démonstration de l'élimination de la toxine cholérique par les urines, une série de travaux sur le pouvoir bactéricide des humeurs et sur le rôle que jouent dans l'étiologie et l'évolution de l'infection les conditions dépendant de l'organisme (*Les microbes pathogènes*, 1892).

Ses travaux sur les maladies de la nutrition eurent pour objet de les rattacher à des causes bio-chimiques. Il crut trouver l'origine de ces désordres dans un ralentissement des processus nutritifs et une dyscrasie acide (*Maladies par ralentissement de la nutrition*, 1882).

Ces hypothèses n'ont pas toutes été vérifiées par la suite; mais on ne peut nier que cette conception chimique et humorale des maladies de cet ordre n'ait dirigé les chercheurs sur une voie fertile. Elle est venue réagir fort à propos contre les tendances un peu trop exclusives des anatomo-pathologistes qui, au risque de prendre les lésions pour les causes des maladies, s'appliquaient à localiser en des organes déterminés le principe des troubles nutritifs.

La question des auto-intoxications est une de celles que Bouchard a le plus étudiées. On peut même dire que c'est son œuvre maîtresse, pour laquelle à juste titre ses collègues l'avaient proposé pour un prix Nobel. Ce sont ses recherches qui, patiemment poursuivies et appuyées sur de très nombreuses expériences, ont mis en lumière le rôle des poisons cellulaires, celui des poisons digestifs, celui des poisons microbiens élaborés au sein de l'économie, la toxicité des humeurs et des organes, le rôle pathogénique de la rétention de ces poisons endogènes qui survient quand un obstacle est mis à leur élimination et à leur neutralisation (*Leçons sur les auto-intoxications dans les maladies*, 1887).

Assurément certaines des expériences et des recherches sur lesquelles avaient été fondées ses conceptions premières n'ont pas résisté à une critique ultérieure; sans doute, la dilatation de l'estomac, par exemple, à laquelle il attribuait d'abord une importance de premier rang, n'a conservé qu'une part minime dans la genèse des accidents d'auto-intoxication; sans doute aussi l'antisepsie interne qu'il préconisait (*Thérapeutique des maladies infectieuses. Antisepsie*, 1889) n'a pas tenu dans la pratique toutes ses promesses théoriques. Mais du moins l'idée des auto-intoxications a-t-elle fait son chemin dans la Pathologie, qui l'invoque en maintes circonstances pour expliquer nombre de phénomènes morbides.

Toujours attentif au progrès scientifique et toujours soucieux d'en faire bénéficier la Médecine, peu de mois après la découverte de Röntgen, Bouchard fut le premier à entreprendre l'exploration des organes profonds à l'aide des rayons X. Plus tard, il dirigea la publication d'un *Traité de Radiologie médicale*.

Epris de précision, l'un de ses principaux soins fut de chercher des procédés de mesure des processus pathologiques. Ses travaux sur la mesure de la toxicité, sur la détermination de la molécule élaborée moyenne témoignent de cette préoccupation constante.

Bien que son nom ne soit pas attaché à quelque découverte sensationnelle, comme celle du microbe ou du vaccin d'une maladie répandue, Bouchard était universellement connu des médecins, parce qu'il a su véritablement organiser la Pathologie générale. Grâce à son esprit méthodique, il a donné à cette science ses cadres, il y a mis l'ordre, condition nécessaire du progrès. Le magistral *Traité de Pathologie générale*, dont il a dirigé la publication et dont la seconde édition paraît avec la co-direction de son élève Roger, est à cet égard un monument qui n'a pas son égal. Il avait aussi dirigé la publication du grand *Traité de Médecine* avec Charcot et Brissaud, et il avait prêté son patronage à plusieurs périodiques, notamment le *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, la *Revue de Médecine*, la *Revue de la tuberculose*.

De l'œuvre de Bouchard subsiste, plus encore qu'une longue série de faits d'expérience et d'observation, la direction qu'il a donnée au mouvement médical contemporain. On lui doit d'avoir maintenu la Médecine dans la voie physiologique, à une époque où, d'une part, l'anatomie pathologique l'orientait trop exclusivement vers l'étude des lésions histologiques et où, d'autre part, le merveilleux développement de la microbiologie aveuglait certains médecins au point de leur faire négliger, dans l'interprétation des phénomènes morbides de l'infection, tout ce qui n'était pas inhérent au germe pathogène. A la suite de Cl. Bernard, Bouchard proclama l'importance des fonctions troublées dans la manifestation des accidents morbides. Il apprit aux médecins, comme il le disait volontiers, à penser physiologiquement et non pas seulement anatomiquement. Il revendiqua la part de l'organisme dans le déterminisme de l'infection et, au rôle du germe, il ajouta, selon l'expression consacrée, celui du terrain. Il mit encore en lumière le rôle des humeurs et rajeunit en quelque sorte l'ancien humorisme par ses études sur la toxicité des humeurs et sur leurs propriétés bactéricides.

Parmi les qualités du chef d'école, celle qu'il possédait au plus haut point était l'autorité sur les esprits. Aussi son enseignement par la parole et par le livre a-t-il marqué de sa puissante empreinte toutes les générations médicales qui se sont succédé dans notre pays depuis 35 ans.

Mais, s'il avait le don de l'autorité, il n'était pas dépourvu non plus de la tendance autoritaire du maître qui, animé d'une conviction profonde, dispose des moyens de se faire écouter et d'imposer le triomphe de l'opinion qu'il croit juste. Aussi ne connut-il pas et ne rechercha-t-il pas, d'ailleurs, la popularité, facile à tant d'autres plus souples dans leurs manières et dans leurs convictions. La ténacité de ses opinions sur l'enseignement de la médecine, en particulier sur la question de l'agrégation, qu'il avait fait accepter au Conseil supérieur de l'Instruction publique, lui valut de nombreux adversaires et même fit dresser contre lui la grande masse des élèves et des praticiens, sans que leurs attaques souvent violentes eussent réussi à fléchir sa tranquille énergie, ni à le faire dévier de la voie qu'il s'était tracée parce qu'il la jugeait la meilleure. Un nom malheureux, celui du certificat d'études médicales supérieures, par lequel il avait désigné dans son projet le premier degré des épreuves d'agrégation, suscita surtout le tumulte. Une nouvelle Commission fut chargée d'étudier la réforme : elle effaça le mot, mais accepta la chose.

La force de volonté dont il était doué, ses puissantes facultés de conception se lisaient sur son visage pensif, sur ses traits vigoureusement accusés, dans son regard pénétrant et dans l'ensemble de sa physionomie austère. Son abord était froid et son accueil quelque peu distant. Mais cette apparente gravité se tempérait en maintes occasions et n'en cachait pas moins une réelle bonté, dont il a donné lui-même la plus heureuse formule en conseillant d'être à la fois l'ami de ses malades et le médecin de ses amis.

Tous les honneurs étaient venus à Bouchard. Membre de l'Académie de Médecine en 1886, de l'Académie des Sciences en 1887, président de l'Institut, membre du Conseil supérieur de l'Instruction publique et chargé des fonctions d'inspecteur général des Facultés de médecine, grand croix de la Légion d'honneur, il a présidé pendant cinq ans la Société de Biologie et présidait dès sa fondation l'Association française pour l'étude du cancer.

En 1910, avant d'avoir atteint la limite d'âge réglementaire, il avait résigné volontairement ses fonctions professorales, sans cesser de suivre le mouvement scientifique.

Victime, il y a 3 ans, d'un accident d'automobile, il ne s'était jamais complètement rétabli. Ses forces avaient décliné depuis la guerre et, après de cruelles souffrances, il s'est éteint le 29 octobre, près de Lyon, dans une maison de santé. On ne peut songer sans tristesse à sa fin douloureuse, loin de son foyer, parmi les angoisses d'une guerre sans précédent. La tendre

sollicitude de sa compagne en fut le seul adoucissement.

La disparition de ce maître n'est pas seulement un deuil pour la science de notre pays, mais aussi pour la médecine universelle, car son nom était connu partout et respecté au delà de nos frontières. Plus d'une fois le professeur Bouchard avait été le porte-drapeau de la médecine française à l'étranger, en divers congrès internationaux, à Londres, à Rome, à Stockholm, au Caire.

Les éminents services rendus, au cours de sa longue et laborieuse carrière, à la science et à la patrie assurent à sa mémoire la reconnaissance de la postérité.

Ch. Achard,
Professeur à la Faculté de Médecine de Paris.

RAYONS X ET STRUCTURE CRISTALLINE

DEUXIÈME PARTIE : STRUCTURE CRISTALLINE

Dans la première partie de cet article [1], nous avons exposé les principaux résultats obtenus dans l'étude des rayons X par la diffraction ou la réflexion sur les plans réticulaires des cristaux. Nous allons voir maintenant comment ces mêmes recherches jettent une vive lumière sur la structure cristalline.

Deux méthodes peuvent être employées à l'étude de celle-ci. La première est basée sur l'examen des photographies de Laue ; elle implique l'attribution de chaque tache de la photographie au plan qui l'a réfléchie à l'intérieur du cristal et donne les informations sur la position de ces plans et les nombres relatifs des atomes qu'ils contiennent. La seconde est fondée sur l'étude des spectres de rayons X obtenus par la méthode de Bragg ; la structure du cristal se révèle dans la distribution et l'intensité des lignes de divers ordres du spectre ; en utilisant la formule $n\lambda = 2d \sin \theta$, elle permet d'obtenir les dimensions des réseaux et constitue un instrument d'analyse plus puissant que la précédente. Les deux méthodes se sont d'ailleurs prêtées une aide mutuelle, et leur emploi a conduit à des résultats concordants.

I — Analyse des cristaux par les photographies de Laue

Les photographies de Laue (fig. 1) sont dues à la diffraction par le cristal de la radiation générale hétérogène provenant d'un tube à rayons X. Chaque tache représente un maximum d'intensité dû à l'interférence des rayons diffractés par les particules d'une certaine série de plans réticulaires parallèles du cristal. Comme nous l'avons vu dans la première partie (p. 645-646), pour un cristal du système cubique, les équations qui représentent le phénomène sont :

$$\alpha = h_1 \frac{\lambda}{a}, \quad \beta = h_2 \frac{\lambda}{a}, \quad 1 - \gamma = h_3 \frac{\lambda}{a},$$

où α, β, γ sont les cosinus des angles que fait la direction du rayon réfracté avec les trois axes rectangulaires de coordonnées, λ la longueur

Fig 1. — *Photographie obtenue avec des rayons X ayant traversé une lame de blende parallèlement à un axe quaternaire.*

d'onde de ce rayon, a la distance des plans réticulaires et h_1, h_2, h_3 des nombres entiers. Il est facile de voir que les valeurs de h_1, h_2, h_3 sont exactement équivalentes aux indices de Miller (h, k, l) du plan réticulaire qui a réfléchi les rayons ayant donné la tache correspondante.

Si l'on mesure les coordonnées de chaque tache sur la plaque photographique relativement à des axes rectangulaires ayant leur origine au point où le faisceau primaire frappe le cristal, on peut déterminer les valeurs de α, β et γ pour le rayon qui donne naissance à chaque tache particulière et en déduire les valeurs entières

1. *Rev. gén. des Sciences* du 30 novembre 1915, t. XXVI, p. 645 et suiv.

des paramètres h_1, h_2 et h_3. Chaque tache a ses valeurs propres de h_1, h_2 et h_3, qui sont toujours simples. D'autre part, les valeurs associées de α β et γ doivent obéir à la relation $\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1$. Il en résulte qu'il n'y a qu'une seule valeur de λ/a qui puisse satisfaire les trois équations pour chaque tache.

En général, plus les valeurs des entiers h_1, h_2 h_3 sont grandes, plus fines sont les taches auxquelles elles correspondent, quoique les plus petites valeurs ne correspondent pas nécessairement aux taches les plus intenses. En outre, certaines taches associées à des valeurs simples de h_1, h_2, h_3 sont absentes. Pour expliquer ce fait, Laue a supposé que le faisceau primaire est constitué par un nombre limité de constituants homogènes

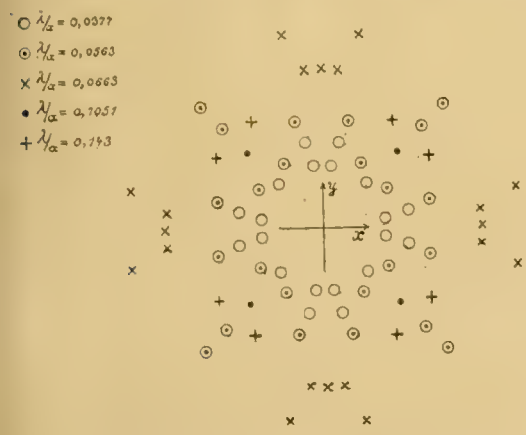


Fig. 2. — *Attribution à cinq sortes de rayons de longueurs d'onde définies des taches de la figure 1.*

indépendants, et il a attribué l'absence de certaines taches à paramètres simples à l'absence de la longueur d'onde particulière qui seule est capable de former la tache en question. Ainsi toutes les taches de la figure formée par les rayons ayant traversé une lame de blende zincique parallèlement à l'axe quaternaire peuvent être attribuées à cinq sortes de rayons de longueurs d'onde parfaitement définies (fig. 2). Mais cette explication n'est pas entièrement satisfaisante, car ces longueurs d'onde devraient donner d'autres taches qui n'apparaissent pas sur la photographie (fig. 1).

M. W. L. Bragg a proposé une autre interprétation, qui rend mieux compte des faits. Pour lui, le faisceau de rayons X incidents contient toutes les longueurs d'onde possibles sur un grand intervalle et forme un spectre continu. Lorsqu'un tel faisceau tombe sur un cristal, une petite quantité d'énergie est réfléchie par chacun des plans réticulaires du cristal (les plans les plus denses en atomes importent seuls). L'onde frontale du faisceau réfléchi par un plan particulier est formée par les petites ondes émises par les atomes individuels du plan. Si la distance entre les plans successifs est d et l'angle d'incidence des rayons θ, les trains d'onde réfléchis par les différents plans du système se suivront à des intervalles $2\,d \sin \theta$, et si la longueur d'onde est telle que cette distance soit égale à un nombre entier de longueurs d'onde, les ondes se renforceront mutuellement et il y aura un maximum d'interférence dans cette direction[1]. Dans ce cas, si le faisceau incident contient toutes les longueurs d'onde possibles, un système particulier de plans du cristal *choisit*, pour ainsi dire, les longueurs d'ondes convenables, et le résultat du travail simultané des différents systèmes de plans est de résoudre le faisceau incident en ses constituants. Si l'on fait varier l'angle d'incidence, d'autres longueurs d'onde seront choisies pour former les maxima d'interférence. Dans cette hypothèse, les intensités variables des taches sont dues soit à une inégale distribution de l'énergie dans le spectre de rayons X, soit à une différence de densité des atomes dans les divers plans réfléchissants.

Nous avons vu que les diverses taches des photographies de Laue sont groupées sur des ellipses de différentes dimensions qui passent toutes par la tache centrale. La représentation diagrammatique de ces photographies est assez longue à tracer et ne se prête pas très facilement à l'analyse. W. L. Bragg a montré qu'on peut la simplifier considérablement, sans déformer beaucoup la figure, en adoptant le mode de projection stéréographique couramment usité en Cristallographie.

Soit C (fig. 3) la section d'un cristal, qui reçoit des rayons X incidents provenant de P. Les rayons qui traversent le cristal sans déviation tombent sur la plaque photographique AD en A. Soit CZ la direction d'un axe de zone du cristal; les faisceaux réfléchis par les plans de cette zone se trouvent sur un cône circulaire de sommet C et d'axe CZ, dont CA et CB sont deux

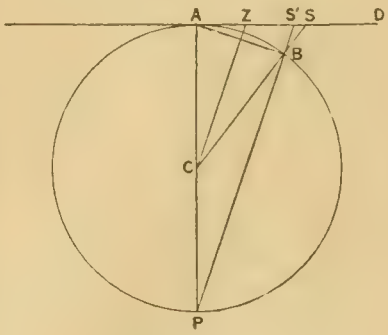


Fig. 3.

1. Comme nous l'avons déjà dit (p. 646, note), cette interprétation est équivalente à celle de Laue au point de vue analytique.

génératrices. Ce cône coupe une sphère de centre C et de rayon CP suivant un cercle dont AB est le diamètre. Suivant une propriété bien connue de la projection stéréographique, la projection de ce cercle du pôle P sur le plan AD est aussi un cercle, dont le centre sera en Z, point où l'axe de zone perce la plaque photographique, car AZ = ZS'. Supposons que les taches soient produites par les faisceaux réfléchis sur la sphère ABP et qu'elles soient projetées du pôle P sur le plan AD. Les taches correspondant à la réflexion dans le plan d'une zone se trouvent maintenant sur un cercle ayant son centre au point où l'axe de zone traverse la plaque AD. La tache S faite par le faisceau réfléchi CB devient la tache S' de la figure projetée. La distorsion de la figure produite par la transformation est très faible, sauf pour les régions très éloignées du centre. Les figures 7 et 8 fournissent des exemples des diagrammes ainsi obtenus; les diamètres des taches y sont proportionnels à leur intensité.

Quels renseignements les diagrammes de Laue peuvent-il fournir sur la structure des cristaux qui les ont produits? On retrouve au premier coup d'œil sur ces diagrammes certains éléments de symétrie du réseau cristallin. Ainsi, sur la figure 1, formée par des rayons ayant traversé un cristal cubique parallèlement à un axe quaternaire, on aperçoit immédiatement certains éléments de ce système. Toutefois, comme l'a démontré le premier M. G. Friedel[1], dans aucun cas les radiogrammes de Laue ne peuvent révéler l'absence d'un centre de symétrie; par conséquent, les seules symétries qu'ils puissent déceler sont les holoédries et les parahémiédries, à l'exclusion des hémiédries holoaxes et des antihémiédries; autrement dit, ils ne peuvent mettre en évidence que 11 des 32 symétries cristallines possibles.

Mais peut-on aller plus loin et obtenir des indications sur la position et la nature des particules matérielles (molécules ou atomes) dans les différents plans réticulaires?

Considérons pour cela, avec MM. Bragg, une structure cristalline composée de points semblables et placés à des distances égales suivant trois directions rectangulaires, et dont la figure 4 représente une projection dans les plans OX et OY. Soit (fig. 5) une section d'un cristal de cette structure, placée en C sur le trajet d'un faisceau de rayons X provenant de A. La série de plans réticulaires représentés par des lignes pointillées sur la figure 4 et qui possèdent les indices (11), (21), (31), (41), réfléchissent chacun une portion du faisceau incident suivant les directions CS_1, CS_2, CS_3,... en faisant sur la plaque photographique les taches P_2, P_3, P_4... (le faisceau réfléchi OS_1 tombant ici en dehors de la plaque).

Si l'on considère, d'une part, les propriétés

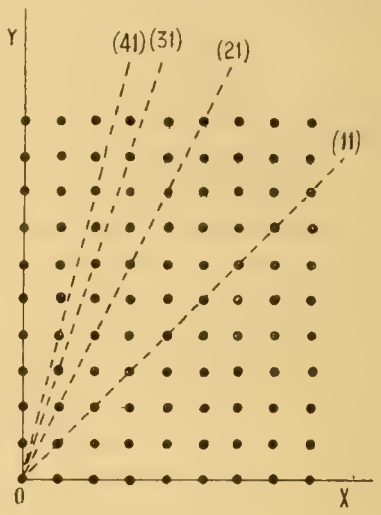


Fig. 4.

des rangées de points caractérisées par les indices (11), (21)... : angle d'incidence des rangées sur la rangée, distance entre les rangées successives, densité des rangées, et d'autre part celles du faisceau incident : longueur d'onde, énergie, on

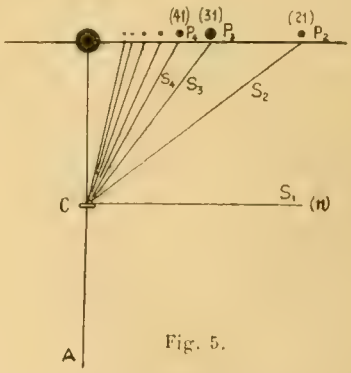


Fig. 5.

constate qu'elles varient d'une façon régulière à travers toute la série; on peut donc s'attendre à ce que l'intensité des taches produites par un cristal de cette nature varie également d'une façon régulière, c'est-à-dire que l'intensité de chaque tache soit plus ou moins intermédiaire entre celles de ses voisines et qu'il n'y ait pas de discontinuité dans la série.

La figure 6 représente une structure différente, composée de points semblablement placés, mais alternativement de deux sortes distinctes. Les plans (11), (21),... ne sont plus cette fois de même nature : les rangées (11), (31), (51),... comprennent des points de même sorte, soit blancs, soit noirs ;

1. *C. R. Acad. des Sc.*, t. CLVII, p. 1533; 29 déc. 1913.

les rangées (21), (41),... contiennent des points des deux sortes en nombre égal. Les propriétés de ces plans varient régulièrement dans chaque série, mais non plus lorsqu'on les prend

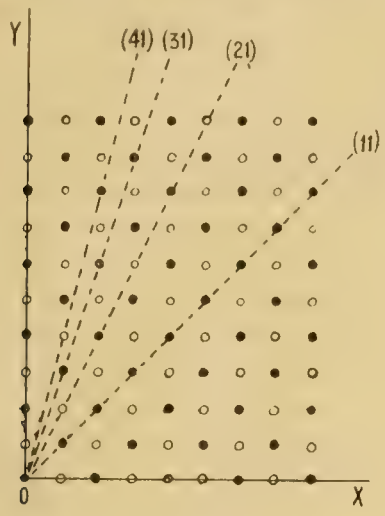
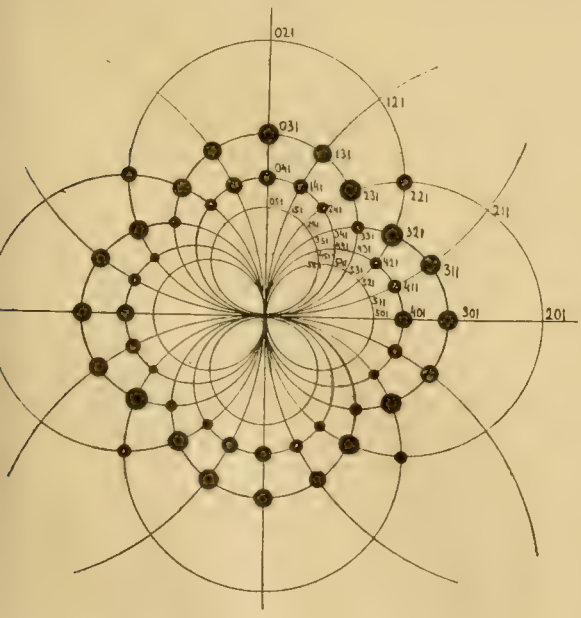


Fig. 6.

dans leur ordre successif. Cette différence doit se retrouver dans l'intensité des taches : toutes les taches ne formeront plus une série régulière, mais il y aura deux séries, paire et impaire.

Toutes les fois qu'on se trouvera en présence de cette dernière particularité, on sera conduit à l'attribuer à une structure cristalline analogue



. 7. — *Diagramme des taches formées par un cristal de KCl.*

à celle de la figure 6, tandis que l'apparition de taches variant d'une façon régulière fera penser à une structure comme celle de la figure 4. C'est là le genre d'informations que peuvent donner les photographies de Laue sur l'architecture cristalline.

A titre d'exemple, prenons la figure 7, qui représente diagrammatiquement la photographie donnée par le chlorure de potassium. (Les indices des plans sur lesquels les rayons donnant naissance aux taches sont réfléchis sont indiqués sur un des quatre quadrants symétriques de la figure.) Sur un certain intervalle, tous les indices simples sont représentés et toutes les taches ont une intensité intermédiaire entre celles de leurs voisines. Cette parfaite régularité doit faire attribuer à ce sel cristallisé la structure de la figure 4, qui représente le réseau cubique le plus simple, celui qui possède une particule au sommet de chaque cube. Comme nous le verrons plus loin, ces particules peuvent être identifiées non à des molécules, mais à des atomes. Comme il y a ici deux sortes d'atomes, ceux de K et ceux de Cl, il faut en conclure qu'ils ont la même valeur au point de vue de la réflexion des rayons X, ce qui concorde bien avec ce que nous savons des rapports des rayons X et des atomes et de la presque égalité de leurs poids atomiques (39 et 35,5).

Comparons ce diagramme à celui de la figure 8,

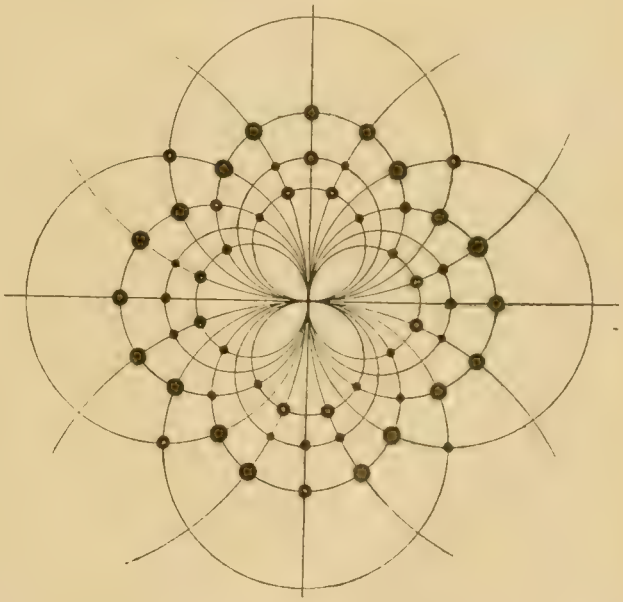


Fig. 8. — *Diagramme des taches formées par un cristal de NaCl.*

relatif au chlorure de sodium. La régularité parfaite de l'image précédente a disparu : il y a de nombreuses lacunes dans les taches à l'intersection des cercles. Ainsi on trouve des taches correspondant à la réflexion dans les plans (511), (531), mais aucune correspondant aux plans (501), (521), (541). On observe (331), (351), mais non (341), et ainsi de suite. Il y a une prédominance des indices impairs sur les pairs. Ce diagramme doit

être attribué à une structure semblable à celle de la figure 6, qui correspond à une autre forme de symétrie cubique, celle du cube possédant une particule à chacun de ses sommets et une autre au centre des faces.

Quand on arrive à des structures plus compliquées, l'interprétation des diagrammes de Laue devient très difficile, et même impossible [1]. La méthode de MM. Bragg, au contraire, continue à donner dans ces cas des résultats du plus haut intérêt. Nous allons voir maintenant en quoi elle consiste.

II. — Analyse des cristaux par les spectres de Bragg.

Cette méthode repose, comme nous l'avons dit, sur l'examen des spectres fournis par la réflexion sur les divers plans réticulaires des cristaux.

Prenons comme exemples les deux sels ci-dessus, KCl et NaCl, et étudions les spectres (fig. 9) formés par la réflexion du principal rayon

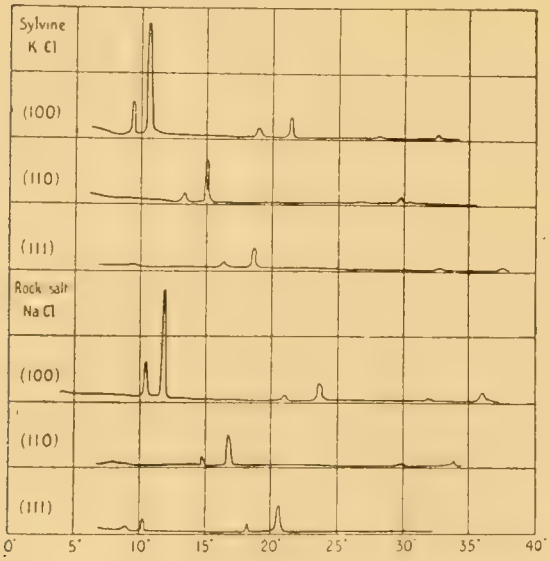


Fig. 9. — *Spectres formés par la réflexion du rayon principal du palladium sur les faces* (100), (110) et (111) *de KCl et NaCl.*

du palladium sur les trois plans réticulaires de ces cristaux parallèles aux faces du cube (100), du dodécaèdre (110), et de l'octaèdre (111). Les spectres obtenus avec les faces correspondantes des deux substances ont une grande analogie, ce qui indique l'identité fondamentale de la structure.

Celle-ci ressort encore davantage des considérations suivantes. Choisissons la réflexion de premier ordre par les faces (100) dans chaque cas ; on a d'après la formule connue :

$$2d_1 \sin \frac{10^\circ,43}{2} = \lambda \quad \text{et } 2d_2 \sin \frac{11^\circ,8}{2} = \lambda$$

soit :

$$d_1 = 5,48\,\lambda \quad \text{et } d_2 = 4,85\,\lambda,$$

où d_1 et d_2 sont les distances des plans (100) pour les deux sels, qui sont proportionnelles aux dimensions des structures atomiques. Le rapport des volumes de ces structures, qui est égal à d_1^3/d_2^3, doit être d'autre part identique au rapport des volumes moléculaires des deux substances, ce volume étant égal au poids moléculaire M divisé par la densité ρ. Autrement dit, $d_1^3/d_2^3 = (M_1/\rho_1)/(M_2/\rho_2)$. La quantité $d\sqrt[3]{\rho/M}$ doit donc être la même pour les deux cristaux et les autres membres de la même série. En effet, on a :

pour KCl, $d\sqrt{\rho/M} = 1,63\,\lambda$
» NaCl, » $= 1,62\,\lambda$
» KBr, » $= 1,63\,\lambda$,

ce qui montre bien l'analogie de structure de ces cristaux.

Un examen plus approfondi des spectres de la figure 9 nous révèle toutefois certaines différences. Tandis que les intensités des spectres des divers ordres sur les faces (100), (110) vont en décroissant dans les deux cas, pour la face (111) cette régularité ne se retrouve que pour le spectre de KCl; dans celui de NaCl, au contraire, on observe d'abord une première réflexion faible, puis une deuxième forte, et une troisième très faible. Quelles conclusions peut-on tirer de ce fait?

Considérons les trois systèmes de points qui possèdent la symétrie cubique : le cube avec un

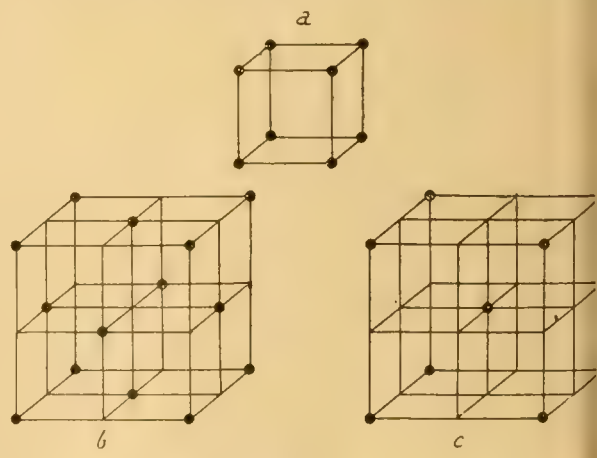


Fig. 10.

point à chaque sommet (fig. 10 *a*), le cube avec un point à chaque sommet et au centre de chaque face (fig. 10 *b*) et le cube avec un point à

1. Ewald (*Phys. Zeitschr.*, 1914, p. 399) est cependant arrivé par cette voie à des conclusions très remarquables.

chaque sommet et au centre du cube (fig. 10 *c*). La distance des plans (100), en supposant les figures réduites à la même échelle, est la même dans les trois systèmes : $d_{100} = a$. La distance des plans (110) est la même dans les 1er et 2e systèmes : $d_{110} = a\sqrt{2}$; mais dans le 3e système, elle est devenue double : $d_{110} = 2a\sqrt{2}$. Enfin la distance des plans (111) est la même dans le 1er et le 2e systèmes : $d_{111} = a\sqrt{3}$; mais dans le 2e elle est devenue le double : $d_{111} = 2a\sqrt{3}$.

Nous avons donc, entre les distances dans les trois systèmes, les relations :

	$\frac{1}{d_{100}}$	:	$\frac{1}{d_{110}}$	:	$\frac{1}{d_{111}}$
Réseau cubique simple. .	1	:	$\sqrt{2}$	:	$\sqrt{3}$
» » à faces centrées .	1	:	$\sqrt{2}$	:	$\sqrt{3}/2$
» » centré. .	1	:	$1/\sqrt{2}$	:	$\sqrt{3}$

Comparons ces valeurs avec les résultats des mesures. Pour KCl, on a, en prenant les réflexions de premier ordre sur chaque plan :

$$\frac{1}{d_{100}} : \frac{1}{d_{110}} : \frac{1}{d_{111}} = \sin 5^\circ,22 : \sin 7^\circ,30 : \sin 9^\circ,05$$
$$= 0,0910 : 0,1272 : 0,1570$$
$$= 1 : 1,40 : 1,74$$
$$= 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$$

KCl possède donc la symétrie du réseau cubique simple.

Pour NaCl, si l'on choisit les réflexions les plus fortes, on arrive à la même conclusion; mais, si l'on adopte les réflexions du 1er ordre, on a :

$$\frac{1}{d_{100}} : \frac{1}{d_{110}} : \frac{1}{d_{111}} = \sin 5^\circ,9 : \sin 8^\circ,25 : \sin 5^\circ,1$$
$$= 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}/2$$

NaCl posséderait donc la symétrie du réseau cubique à faces centrées.

Comment concilier ces résultats avec l'isomorphisme bien connu de tous les sels de la série des halogénures alcalins. L'explication la plus plausible, due à M. Bragg, consiste à admettre que la diffraction des rayons X est le fait non de la molécule, mais de l'atome, et qu'un atome diffracte d'autant plus qu'il est plus lourd. Quel est donc le groupement des atomes de métal et d'halogène qui, tout en étant commun aux sels isomorphes ci-dessus, rendra compte de la différence de leurs spectres. En distinguant par des points blancs et noirs les deux espèces de centres de diffraction, M. Bragg est arrivé à l'arrangement de la figure 11, caractérisé par le fait que : 1° il contient un nombre égal de points blancs et noirs; 2° l'arrangement des points blancs et noirs, pris ensemble, est celui du réseau cubique simple; 3° l'arrangement des points

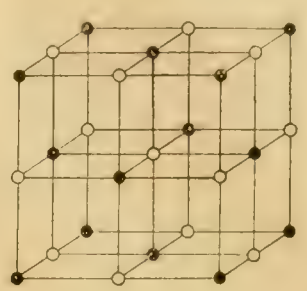


Fig. 11. — *Structure des halogénures alcalins.*

noirs seuls et des points blancs seuls est celui du réseau cubique à faces centrées.

Lorsque les centres blancs et noirs deviennent identiques, le réseau devient celui du type cubique simple. C'est le cas pour KCl, les poids atomiques de K (39) et de Cl (35,5) étant suffisamment voisins pour que les atomes deviennent à peu près identiques au point de vue de la diffraction. Pour NaCl, au contraire, la disparité des poids atomiques (23 et 35,5) laisse subsister les deux systèmes de centres, qui ont tous deux la symétrie du cube à faces centrées.

L'études des spectres des divers ordres de ce dernier cristal confirme encore ce point de vue. La figure 12 représente l'arrangement diagrammatique des atomes dans les trois plans de réflexion : les plans (100) contiennent des atomes

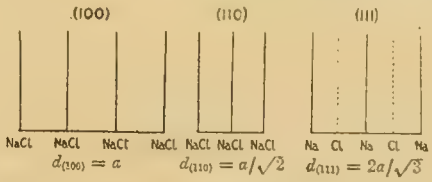


Fig. 12. — *Arrangement des atomes dans les trois plans* (100), (110) *et* (111) *de NaCl.*

des deux sortes Na et Cl à la distance a; les plans (110) de même, mais leur distance est $a\sqrt{2}$; enfin les plans (111) sont de nature différente : ils contiennent alternativement soit des atomes de Na, soit des atomes de Cl, et la distance de deux plans semblables est de $2a/\sqrt{3}$.

Les deux premières séries de plans donneront une réflexion normale, ce qui est bien le cas (fig. 9). Mais la réflexion produite par les plans (111) contenant des atomes de Cl sera troublée par celle des plans (111) contenant les atomes plus légers de Na; l'effet de ces derniers sera d'affaiblir tous les spectres d'ordre impair (1er, 3e..), par rapport aux spectres d'ordre pair (2e..) Si les atomes de Na étaient assez légers pour

n'avoir pas d'effet, les spectres d'ordre impair auraient une intensité normale. Si, au contraire, ils étaient assez lourds pour devenir aussi diffracteurs que les atomes de Cl, les spectres d'ordre impair disparaîtraient entièrement, car l'on aurait une succession de plans identiques à une distance $d_{111}/2$, ce qui se réalise pour KCl.

La structure du réseau cristallin étant ainsi fixée, il est facile maintenant d'en déterminer les dimensions exactes.

Prenons le réseau cubique à face centrée (fig. 10 *b*). Le cube unité du réseau possède 4 points associés avec lui, mais chacun de ces points est commun à 8 cubes adjacents, de sorte que chacun des cubes unité n'est associé en réalité qu'à un demi-point. Si nous considérons la structure trouvée pour les cristaux de NaCl, par exemple, nous voyons qu'il y a un demi-atome de Na et un demi-atome de Cl, soit une demi-molécule de NaCl, dans chacun des petits cubes.

Si m est la masse d'un atome d'H en grammes et M le poids moléculaire de NaCl, la masse associée avec le cube unité de la structure est $M\,m/2$. D'autre part, le volume du cube élémentaire est égal à $(d_{100})^3$, où $\lambda = d_{100} \sin \theta$. Si la densité du cristal est ρ, la masse du cube unité doit être $\rho\,(d_{100})^3$. On a donc :

$$m\,\frac{M}{2} = \rho\,d_{100}{}^3,$$

d'où il est facile de tirer la valeur de d_{100}. Dans le cas de NaCl, $m = 1{,}64 \times 10^{-24}$ gr., $M/2 = 29{,}25$ et ρ 2,17, d'où :

$$d_{100} = 2{,}80 \times 10^{-8}\ \text{cm}.$$

On en tire pour la longueur d'onde du rayon du palladium :

$$\lambda = 0{,}576 \times 10^{-8}\ \text{cm}.$$

Connaissant cette longueur d'onde, on est maintenant en mesure de déterminer la distance des plans réticulaires d'un cristal quelconque. Prenons par exemple un cristal cubique de NH^4Cl, dont la face (100) donne un spectre de premier ordre sous un angle de 4°,25. On a alors :

$$0{,}576 \times 10^{-8} = 2\,d_{100} \sin 4^\circ{,}25$$
$$d_{100} = 3{,}88 \times 10^{-8}\ \text{cm}.$$

On en déduit immédiatement que le volume du cube élémentaire $\rho\,(d_{100})^3 = 88{,}2 \times 10^{-24}$ gr. Comme la masse d'une molécule de NH^4Cl est égale à $1{,}64 \times 10^{-24} \times 53{,}5 = 87{,}8 \times 10^{-24}$ gr., on reconnaît aussitôt que chaque cube unité de la structure contient une molécule.

En résumé, quelle que soit d'ailleurs la classe de symétrie à laquelle appartient le cristal, on peut mesurer une cellule élémentaire de sa structure et trouver la masse qu'elle contient en multipliant son volume par la densité du cristal. Une comparaison de ce résultat avec la masse connue d'une molécule de la substance montre immédiatement combien de molécules sont contenues dans la cellule unité. La comparaison des spectres des diverses faces du cristal permet ensuite de trouver la disposition des atomes dans la cellule unité, et la structure du cristal se trouve ainsi déterminée.

III. — Application de la méthode de Bragg a quelques cristaux.

Par la méthode précédente, MM. Bragg ont fait l'analyse de la structure d'un assez grand nombre de cristaux. Nous donnerons ici les résultats obtenus pour quelques-uns d'entre eux, qui montreront les divers modes d'application de leur procédé.

La blende zincique, qui cristallise dans le système cubique, offre un intérêt particulier parce que c'est sur elle qu'ont porté les premières recherches de Laue. L'examen de son spectre (fig. 13) montre que les réflexions de

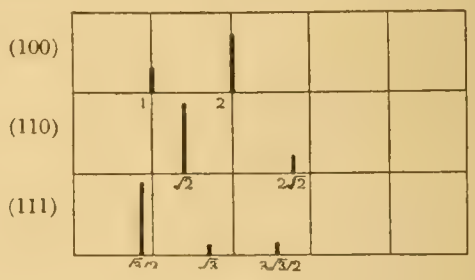


Fig. 13. — *Schéma du spectre de la blende.*

premier ordre ont les mêmes positions relatives, pour les trois faces, que dans le spectre du sel gemme. Le réseau cristallin paraît donc devoir être celui du cube à faces centrées. D'autre part, pour ce cristal, $d\sqrt[3]{\rho/M} = 1{,}64\lambda$, ce qui montre que, dans le cube élémentaire, il y a autant d'atomes de Zn et de S qu'il existe d'atomes de Na et de Cl dans le cube unité de NaCl.

Les plans (110) présentent seuls des spectres de 1er, 2e et 3e ordres dont l'intensité décroisse d'une façon normale; les atomes de S se trouvent donc dans les mêmes plans (110) que les atomes de zinc. Les plans (100), par contre, ont un faible spectre de 1er ordre, comme les plans (111) du sel gemme; les plans du soufre doivent donc alterner avec ceux du zinc, et éteindre le spectre du 1er ordre par rapport au second. Si l'on place les atomes de Zn sur un cube à faces centrées, il faut, pour réaliser la disposition précédente, mettre ceux de S sur un cube analogue coupant le premier de façon que les atomes

de S soient au centre d'un des petits cubes élémentaires du réseau des atomes de Zn. La figure 14 A montre cet arrangement, et la figure 14 B

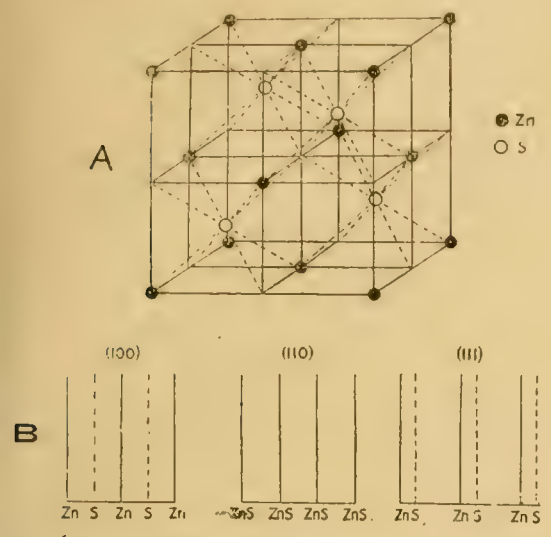


Fig. 14. — *Structure de la blende* (A) *et arrangement des atomes dans les trois plans principaux* (B).

indique la composition et l'espacement des plans suivant les trois faces principales.

Les plans (111) présentent ici un type nouveau, la distance des plans Zn-Zn y étant 4 fois celle des plans Zn-S. Quelle influence cette disposition peut-elle avoir sur le spectre? Il n'y a pas de raison pour que la réflexion de premier ordre soit ici diminuée; en fait, elle est plutôt augmentée. Pour la réflexion de second ordre, les ondes provenant des plans du S seront exactement de phase opposée avec celles des plans du Zn; la seconde réflexion sera donc faible en comparaison de la 1re et de la 3e, et c'est bien ce que révèle l'examen du spectre. L'arrangement proposé semble donc bien conforme à la réalité.

Un exemple un peu plus compliqué, mais toujours relatif au système cubique, est celui du

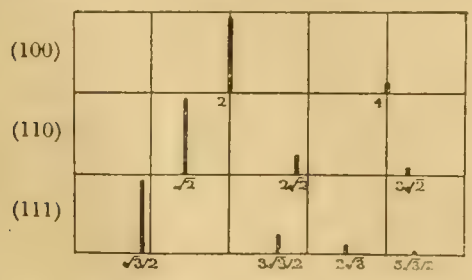


Fig. 15. — *Schéma du spectre du diamant.*

diamant, dont la figure 15 représente schématiquement le spectre. La première réflexion a lieu pour les trois faces sous des angles dont les sinus sont entre eux comme $2, \sqrt{2}$ et $\sqrt{3}/2$, rapport qui n'est caractéristique d'aucun réseau. De plus, le spectre réfléchi par la face (111) présente les réflexions des 1er, 3e, 4e et 5e ordre, celle de 2e ordre étant totalement absente. Ces particularités doivent s'expliquer par l'arrangement d'atomes qui sont, ici, tous identiques.

Dans la blende, le spectre de second ordre sur (111) est faible parce que les plans du soufre divisaient la distance entre les plans du zinc dans le rapport 1 : 3, mais ce spectre ne disparaît pas entièrement parce que le poids atomique du soufre (32) est moindre que celui du zinc (65). Si ces deux plans devenaient de nature identique en gardant le même espacement, le spectre de second ordre disparaîtrait entièrement. De plus, les spectres d'ordre impair sur (100) disparaîtraient, car tous les plans (100) deviendraient identiques comme nature.

Or le diamant présente exactement des spectres de ce genre. On est ainsi conduit à substituer des atomes de C à tous ceux de Zn et de S dans la structure de la blende, et l'on obtient ainsi pour le diamant la structure de la figure 16.

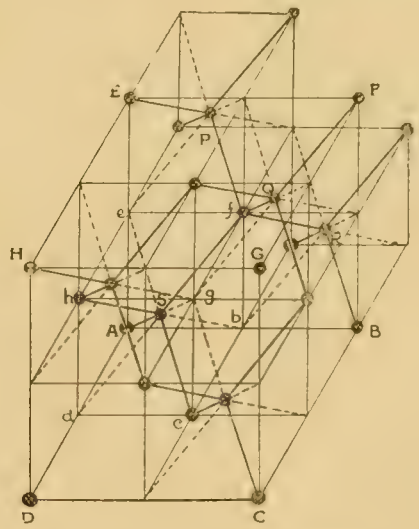


Fig. 16. — *Structure du diamant.*

Cet arrangement comporte-t-il le nombre exact d'atomes de carbone pour chaque unité de structure? Si nous choisissons la réflexion de second ordre sur la face (100), nous avons :

$$2\lambda = 2\,d \sin 19^{\circ},0$$

d'où $d = 3{,}06\,\lambda$.

Le poids moléculaire du diamant étant 24 et sa densité 3,51, on a :

$$d\sqrt[3]{\rho/M} = 1{,}62\,\lambda,$$

chiffre identique à celui de ZnS, ce qui montre que le diamant et la blende possèdent le même nombre d'atomes dans chaque cube élémentaire.

Une série intéressante de minéraux isomorphes est constituée par les composés naturels $MgCO^3$, $CaCO^3$, $MnCO^3$, $FeCO^3$ et $ZnCO^3$, qui appartiennent tous à la classe rhomboédrique du système hexagonal. Le type de ces cristaux peut être représenté par le rhomboèdre de la calcite, qui possède un axe de symétrie ternaire et trois axes de symétrie binaires qui lui sont perpendiculaires, et trois plans de symétrie passant par ces derniers et l'axe ternaire. Ce cristal se clive d'une façon parfaite parallèlement aux faces du rhomboèdre, ce qui conduit à supposer que la cellule unité possède cette forme de structure.

En déterminant l'angle sous lequel le rayon principal du palladium est réfléchi par une des faces du rhomboèdre (5°,35), on peut calculer l'espacement $d_{(100)}$ des plans parallèles à ces faces ; on trouve $3{,}07 \times 10^{-8}$ cm. Connaissant la forme du rhomboèdre, on peut facilement calculer son volume, qui est égal à $1{,}08\ d^3_{100}$, et de là, au moyen de la densité de la calcite (2,71), la masse contenue dans la cellule élémentaire, soit $8{,}50 \times 10^{-23}$ gr. Or la masse d'une molécule de calcite est $16{,}4 \times 10^{-23}$ gr. Il résulte donc de cette recherche préliminaire qu'il doit exister une demi-molécule de $CaCO^3$ dans chaque cellule élémentaire.

Imaginons alors un réseau cristallin ayant la même forme que la cellule élémentaire précédente, mais de dimensions linéaires doubles, et par conséquent de volume 8 fois plus grand. Plaçons des points à chaque sommet et au centre de chacune des faces de la nouvelle cellule. En disposant une molécule de $CaCO^3$ autour de chaque point du réseau, il y aura 4 molécules de $CaCO^3$ associées à chaque cellule à faces centrées. L'espacement des plans parallèles aux côtés de la cellule, soit d_{100}, sera égal à la moitié de la distance entre deux faces opposées de la nouvelle cellule. On peut maintenant calculer les distances de tous les plans caractéristiques du réseau, et au moyen de ces distances les angles sous lesquels sera réfléchi le rayon principal du palladium. Le tableau suivant donne les valeurs calculées et les valeurs des angles observées :

100	$d = 3{,}04 \times 10^{-8}$cm	5°,43	5°,35
$1\bar{1}0$	$d = 2{,}48 \times 10^{-8}$cm	6°,67	6°,6
110	$d = 1{,}917 \times 10^{-8}$cm	8°,63	8°,70
111	$d = 2{,}79 \times 10^{-8}$cm	5°,92	5°,77
$21\bar{1}$	$d = 1{,}43 \times 10^{-8}$cm	11°,59	11°,65

La concordance parfaite des valeurs calculées et observées montre que le réseau choisi est bien exact.

L'arrangement de chacun des atomes de la molécule de $CaCO^3$ associée aux points du réseau est déterminé ensuite d'après les caractères particuliers des spectres réfléchis par chaque face. Une analyse un peu longue, dans les détails de

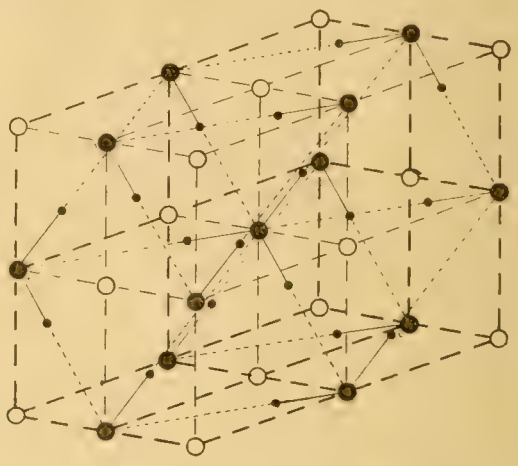


Fig. 17. — *Structure de la calcite.* — Les cercles blancs représentent Ca, les gros points noirs C et les petits O.

laquelle nous ne pouvons entrer[1], a conduit finalement à la structure représentée par la figure 17. Les plans perpendiculaires à l'axe ternaire sont

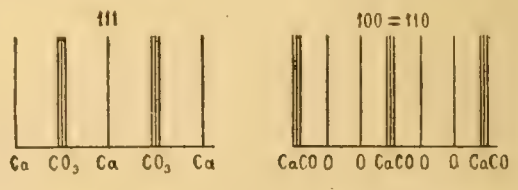


Fig. 18. — *Arrangement des atomes dans les plans principaux de la calcite.*

également distants et contiennent alternativement des atomes de Ca (de poids 40) et des groupes CO^3 (de poids 60) (fig. 18).

IV. — L'intensité de la réflexion par les plans réticulaires.

Application a la pyrite.

La structure de tous les minéraux cristallisés du groupe RCO^3 est semblable à celle de la calcite ; en particulier, les plans perpendiculaires à l'axe ternaire ont tous le même arrangement. On peut encore faire rentrer dans ce groupe le nitrate de soude $NaNO^3$ et la dolomite $MgCa(CO^3)^2$, qui ont la même structure. L'examen des spectres (fig. 19) formés par la réflexion sur les plans (111) des cristaux de cette série conduit à des résultats d'un grand intérêt.

La distance d_{111} est celle qui sépare deux plans CO^3 ; mais à mi-chemin entre ces plans se trouvent les plans qui contiennent les atomes métalliques. Quelle est l'influence de ces derniers

1. Voir *Proc. Royal Soc.*, A, t. LXXXIX, p. 468 ; 1914.

sur la réflexion par les premiers? Si l'effet des plans métalliques sur la réflexion est négligeable par rapport à celui des plans CO^3, l'intensité des spectres de divers ordres ira en diminuant régulièrement. Si l'effet des plans métalliques est égal à celui des plans CO^3, la distance d_{111} sera

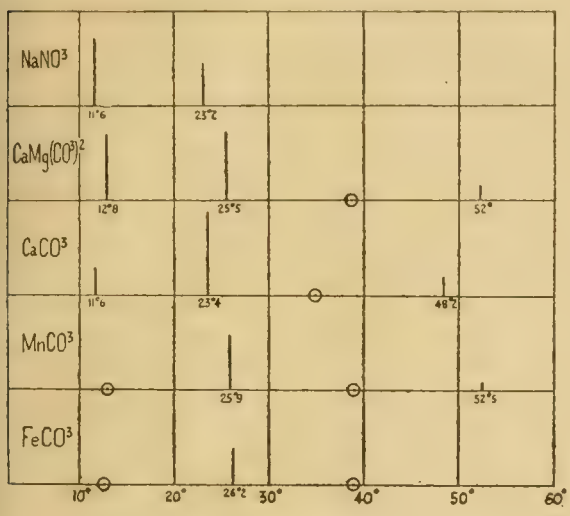


Fig. 19. — *Schéma des spectres formés par la réflexion sur les plans* (111) *des cristaux de nitrate de soude et de carbonates alcalino-terreux et métalliques.*

ramenée à la moitié : les spectres d'ordre impair seront entièrement détruits, car les ondes des deux plans seront de même amplitude et de phase opposée. Si l'effet des plans métalliques est intermédiaire entre ces deux extrêmes, le rapport des spectres d'ordre pair aux spectres d'ordre impair sera plus grand que le rapport normal.

L'examen de la figure 19, dans laquelle les spectres sont disposés par ordre croissant de poids atomique du métal, confirme complètement ces conclusions. Pour $NaNO^3$, les plans Na ont peu d'effet comparés aux plans NO^3, car le premier spectre est plus grand que le second; pour $FeCO^3$, les plans Fe doivent être égaux aux plans CO^3 en pouvoir réflecteur, car le spectre de premier ordre est éteint. Or le poids atomique du fer est 56, et la somme des poids atomiques du groupe CO^3 est de 60. Il en résulte que *les plans alternatifs deviennent égaux en pouvoir réflecteur quand leurs masses par unité de surface sont égales*, et que *l'amplitude de chaque petite onde diffractée par un atome est proportionnelle à son poids atomique.*

Cette conclusion, que vérifient bien d'autres faits, permet d'aborder le problème général de la réflexion par des plans parallèles non identiques, placés à des intervalles irréguliers, et de l'intensité des rayons réfléchis.

Soient deux séries de plans réflecteurs A et B, disposés alternativement et parallèlement à la face d'un cristal, et de masses relatives M_1 et M_2, M_1 et M_2 étant les sommes des poids atomiques des groupes d'atomes existant en nombre égal dans les deux plans. Quelle est l'influence de l'espacement sur l'intensité du faisceau réfléchi? Soit d la distance entre deux plans A et x la distance entre un plan A et un plan B. Si x est nul, les plans successifs deviennent identiques, et on obtient une série de spectres dont les intensités I_1, I_2, I_3, I_4, ... diminuent d'une façon normale. Dans ce cas, les plans A et B réfléchissent des ondes qui sont de même phase; dans les plans AB, l'amplitude de l'onde réfléchie est la somme des amplitudes dues à A et B indépendamment. L'amplitude étant proportionnelle à la masse du plan, l'intensité est proportionnelle à $(M_1+M_2)^2$. En prenant comme type la réflexion sur les plans (100) du sel gemme, on a pour intensités normales :

$$I_1 : I_2 : I_3 : I_4 = 100 : 30 : 7 : 3.$$

Quand x est différent de zéro, les ondes des plans A et B diffèrent de phase et d'amplitude. La différence de phase $\theta = 2\pi x/d$ pour le 1er spectre, $4\pi x/d$ pour le 2e, $6\pi x/d$ pour le 3e, et ainsi de suite. L'amplitude de l'onde résultante est proportionnelle à R, résultante de deux vecteurs M_1 et M_2 faisant un angle θ, de sorte que $R^2 = M^2_1 + M_2^2 + 2 M_1 M_2 \cos\theta$. L'énergie du train d'onde réfléchi est proportionnelle au carré de l'amplitude, ce qui donne les équations :

$$I_1' = I_1 \frac{M_1^2 + M_2^2 + 2 M_1 M_2 \cos 2\pi x/d}{(M_1 + M_2)^2}$$

$$I_2' = I_2 \frac{M_1^2 + M_2^2 + 2 M_1 M_2 \cos 4\pi x/d}{(M_1 + M_2)^2}$$

. . . . . .

Appliquant ces formules à la réflexion par les plans (111) du sel gemme, on a :

$$I'_1 = 0{,}045\, I_1$$
$$I'_2 = I_2$$
$$I'_3 = 0{,}045\, I_3$$
$$I'_4 = I_4,$$

soit : $I'_1 : I'_2 : I'_3 : I'_4 = 4{,}5 : 30 : 0{,}3 : 3$
$= 15 : 100 : 1 : 10$

valeurs qui concordent assez bien avec les valeurs expérimentales : 20 : 100 : 0 : 6.

Ainsi on peut rendre compte quantitativement aussi bien que qualitativement des intensités relatives anormales des réflexions sur les différents plans réticulaires.

Une vérification particulièrement frappante des considérations qui précèdent a été obtenue par MM. Bragg dans l'étude des spectres de la

pyrite de fer (fig. 20), qui présentent une disposition plus compliquée que tous les précédents.

Les spectres du 1er ordre, bien marqués, se présentent, pour le rayon principal du rhodium,

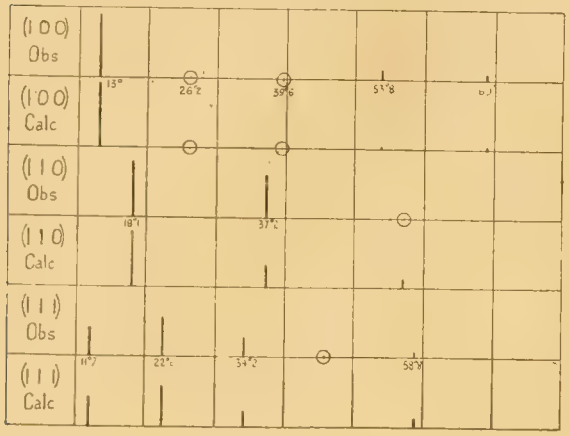
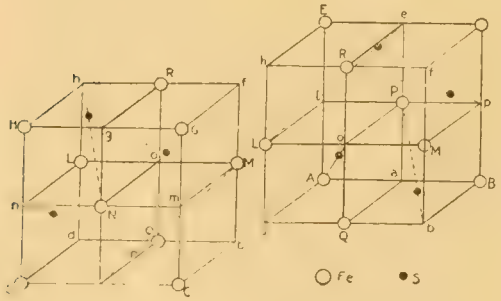


Fig. 20. — *Schéma des spectres de la pyrite de fer.*

sous les angles de 13°, 18°,1 et 11°,7, dont les sinus sont dans le rapport $1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}/2$, caractéristique du réseau cubique à faces centrées. Le calcul habituel montre alors qu'une molécule de FeS^2 est associée à chaque point du réseau. L'arrangement le plus simple consiste à placer des atomes de Fe à quatre des huit sommets du petit cube élémentaire et un atome de soufre au centre de chaque petit cube. Mais cette disposition ne suffit pas à rendre compte des particularités du spectre. Déplaçons les atomes de soufre de quantités égales le long d'un des axes



21 — *Structure de la pyrite de fer.* — La moitié postérieure du cube a été déplacée vers la droite pour rendre la figure plus claire.

ernaires du cube élémentaire ; les trois autres axes ternaires disparaissent, mais celui-ci persiste, ce qui suffit à maintenir la symétrie cubique. On obtient une structure semblable à celle de la figure 21 (on a fait glisser sur la droite la moitié postérieure du cube, afin de rendre la disposition des atomes plus apparente).

Quelle doit être la position exacte des atomes de soufre? L'examen du spectre (100) permet de la déterminer approximativement. Dans ce spectre, le 1er ordre est prononcé, le 2e et le 3e trop faibles pour être décelés, le 4e et le 5e aisément mesurables. Les atomes de fer se trouvent sur des plans (100) dont la distance est la longueur de l'arête du cube élémentaire et les atomes de soufre sont sur des plans intermédiaires. Si la distance entre les plans Fe et S était $d_{100}/4$, les plans S tendraient à détruire le spectre de 2e ordre; si cette distance était $d_{100}/6$, ils tendraient à détruire le 3e ordre. Comme ces deux alternatives se produisent, la distance doit être $d_{100}/5$. L'atome de S doit donc être déplacé le long de la diagonale du cube élémentaire jusqu'à ce qu'il la divise dans le rapport 1 : 4, et, d'après l'examen des spectres (111), ce déplacement doit avoir lieu vers le coin vide, à l'opposé de l'atome de fer.

La disposition des plans parallèlement à (100), (110), (111) est donnée par la figure 22, beaucoup

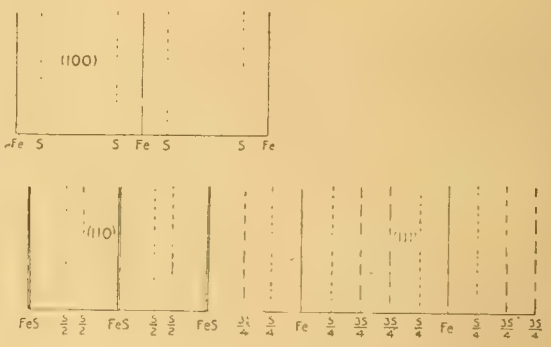


Fig. 22. — *Arrangement des atomes dans les plans principaux de la pyrite.*

plus compliquée que toutes les précédentes; mais le calcul des intensités des réflexions se fait par la même méthode que précédemment, excepté qu'il y a ici plusieurs vecteurs au lieu de deux. La figure 20 indique les unes au-dessous des autres les intensités observées et calculées. La concordance est très satisfaisante.

MM. Bragg ont appliqué avec succès leur méthode à plusieurs autres cristaux : Cu, KBr, KI, PbS, ZnO, CaF^2, S, quartz, etc... Mais nous pensons en avoir dit assez pour montrer les résultats qu'elle peut donner et la lumière brillante qu'elle projette sur l'architecture interne des milieux cristallisés.

Louis Brunet.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Braude (L.), *docteur ès sciences.* — **Les Coordonnées intrinsèques; théorie et applications** (*Collection Scientia*). — *1 vol. in-8 de 100 pages avec 13 figures et un portrait d'*Ernest Cesaro (*Prix cartonné* : 2 fr.). *Gauthier-Villars, éditeur, Paris*, 1914.

Il ne s'agit ici que de Géométrie plane. L'ouvrage comporte quatre chapitres, et ce sont les beaux travaux de Cesàro et de Mannheim qui ont constitué la méthode et la matière.

Le chapitre I, intitulé *Développements et méthodes*, débute par une étude historique. L'auteur explique ensuite comment on transforme l'équation cartésienne ou polaire d'une courbe en équation intrinsèque, et inversement. Puis, à l'aide de cette dernière, il étudie la courbe. Il établit alors les équations de Cesàro et les utilise pour la recherche des coordonnées intrinsèques d'une courbe et d'une enveloppe (applications). Enfin, il traite du contact, de la courbe dite résultante de n courbes, des courbes parallèles et des développoïdes.

Le chapitre II a pour titre : *La courbe de Mannheim.* Les courbes de cette nature (nombreux exemples) sont successivement passées en revue, depuis la courbe de Mannheim proprement dite jusqu'à la courbe générale, qui concerne une base quelconque et le centre de courbure d'ordre n de la roulante. L'auteur est conduit par là à l'étude des développées intermédiaires, dont il donne des applications. La fin du chapitre est consacrée aux propriétés de la radiale.

Dans le chapitre III, intitulé *L'Arcuïde*, les propriétés de cette courbe sont établies, notamment celles des arcuïdes de courbes algébriques; puis la notion d'arcuïde est généralisée.

Enfin, le chapitre IV traite des *roulettes*. Des coordonnées intrinsèques de la roulette, l'auteur déduit la construction de Savary. De même pour l'enveloppe d'une courbe du plan mobile. Une deuxième construction du centre de courbure de la roulette est aussi indiquée. Viennent ensuite les théorèmes de Habich et de Santangelo qui, avec celui de Steiner, concernent les relations entre la roulette et la podaire. Le chapitre se termine par des applications.

Au commencement du livre, après la préface, sous le titre *Notes bibliographiques*, l'auteur a cité les principaux ouvrages qu'il a consultés. Il a d'ailleurs profité des recherches de sa Thèse. Pour compléter l'historique du début, une note donne (page 12) le détail des publications auxquelles on pourra se référer pour les œuvres mentionnées dans cet historique.

Les limites imposées par les dimensions de la *Collection Scientia* ont interdit à M Braude un développement plus long de son sujet. Mais, conformément au vœu qu'il exprime, ce petit volume, avec son exposition claire et concise, avec ses applications de choix et ses nombreux exemples, engagera certainement le lecteur à pénétrer plus avant dans une partie intéressante de la Géométrie.

G. Floquet,
Doyen de la Faculté des Sciences de Nancy.

2° Sciences physiques

Saphores (J.) et **Bourion** (F.). — **Données numériques de Radioactivité, Atomistique, Electronique et Ionisation,** *publiées avec l'appui de l'Institut de Radioactivité de l'Université de Paris. — 1 vol. in-4° de VIII-13 p.* (*Prix cart. : 2 fr. 50*). (*Extrait du volume III des* Tables annuelles de Constantes et Données numériques). *Gauthier-Villars, éditeur Paris*, 1914.

C'est avec une réelle satisfaction que physiciens, chimistes et techniciens ont vu commencer la publication des Tables annuelles de constantes et données numériques, sous la direction de M. Ch. Marie. Aujourd'hui le Comité international qui préside à cette publication a l'heureuse idée d'éditer en des fascicules séparés les données relatives à un certain nombre de chapitres, dont la corrélation est particulièrement intime, tel le fascicule concernant la Radioactivité, l'Atomistique, l'Electronique et l'Ionisation. Ces fascicules séparés permettront aux spécialistes une recherche plus rapide des éléments numériques d'une question; grâce à ce groupement rationnel, chaque chercheur peut, en effet, dans sa spécialité, se constituer à peu de frais la collection complète des renseignements numériques les plus actuels et les plus sûrs relatifs à une question, et cela avec indication bibliographique des mémoires d'où les données sont extraites. C'est là un avantage précieux qui ne manquera pas d'être fort apprécié.

Le fascicule dont nous rendons compte aujourd'hui contient plus spécialement des résultats numériques parus en 1912 et concernant le nombre d'Avogadro, la charge de l'électron, les masses et diamètres moléculaires, les dimensions, la mobilité et autres propriétés fondamentales des ions. Puis viennent les constantes diverses des corps radioactifs, la teneur en émanation des eaux radioactives et celle en radium d'un grand nombre de roches, etc. A noter également quelques données concernant l'électricité atmosphérique et un précieux tableau résumant les méthodes utilisées pour la détermination du poids atomique d'un certain nombre d'éléments.

Ce trop court résumé montre, à titre d'exemple, tout le profit que les chercheurs et les membres du corps enseignant retireront de la publication régulière et rapide de ces fascicules séparés des Tables annuelles; ainsi présentés, ils constituent de véritables annales de données numériques et cela dans les principaux domaines qui intéressent la science et l'industrie.

Ch. Eug. Guye,
Professeur à l'Université de Genève.

Dutoit (P.), *Professeur à l'Université de Lausanne*, **Lewis** (W. C. Mc C.), *Professeur à l'Université de Liverpool*, et **Mahlke** (A.). — **Données numériques d'Electricité, Magnétisme et Electrochimie.** Préface de M. M. Le Blanc, *président de la Commission électrotechnique internationale. — 1 vol. in-4° de 79 p.* (*Prix cart. : 10 fr.*). (*Extraits des* Tables annuelles de Constantes et Données numériques, vol. III, 1912). *Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris*, 1914.

Ce fascicule appartient à la même collection que le précédent et présente les mêmes avantages généraux que nous venons de signaler. Publié sous le patronage et avec l'appui du Ministère du Commerce, de l'Industrie et des Postes et Télégraphes de France, du Comité des Forges de France (Paris), de la Société des Ingénieurs civils (Paris) et de la Société internationale des Electriciens, il s'adresse non seulement aux physiciens et aux chimistes, mais aussi aux ingénieurs qui pourront puiser dans ce recueil des données numériques utiles ou nécessaires à leurs calculs et à l'élaboration de leurs projets. La partie relative à l'Electricité et au Magnétisme en général a été confiée à M. le Dr Mahlke, de Hambourg; celle concernant l'Electrochimie à M. P. Dutoit, de Lausanne, ainsi qu'à M. le professeur Lewis, de Liverpool.

La science du Magnétisme et de l'Electricité est actuellement trop vaste pour qu'il soit utile d'énumérer ici les titres des principaux chapitres de cette première partie. Disons seulement que les données numériques qui résultent des travaux les plus récents y ont été rassemblées avec le plus grand soin. — Il en est de même des deux subdivisions relatives à l'Electrochimie. La première traite de la conductibilité des électrolytes; c'est un ensemble très complet et fort bien ordonné des données numériques relatives aux diverses solutions : solutions aqueuses, électrolytes dans des dissolvants autres que l'eau, ou mélanges de dissolvants, etc. La seconde partie traite des forces électro-motrices; elle fournit d'utiles indications, particulièrement sur les valeurs des f.é.m. des piles de concentration et des f.é.m. d'une électrode simple.

Par son ordonnance rationnelle et bien comprise, par la clarté de sa classification et les nombreux renseignements numériques qu'il renferme, ce fascicule ne peut manquer de rendre de précieux services à tous ceux dont les travaux s'appuient sur la connaissance des éléments numériques empruntés au domaine de l'Electricité et de l'Electrochimie.

C. E. G.

Vézien (L.), *Ingénieur chimiste.* — **Industries des os, des déchets animaux, des phosphates et du phosphore.** — *1 vol. in-16 de 423 p. avec 50 fig. de l'Encyclopédie scientifique. (Prix cart. : 5 fr.). O. Doin et fils, éditeurs, Paris,* 1915.

Ce livre a pour objet l'étude d'industries qu'on rencontre fréquemment associées dans la pratique. Il se divise en trois parties : fabrication des colles et gélatines, fabrication des phosphates et des principaux engrais animaux, industrie du phosphore.

En ce qui concerne les colles et gélatines, l'un des principaux objectifs de l'auteur a été de dégager les principes rationnels de cette fabrication purement empirique en faisant une part toute spéciale au côté chimique de cette industrie.

La partie relative aux phosphates est traitée dans le même esprit, c'est-à-dire avec le souci constant d'appliquer la théorie à la pratique, en particulier dans les questions si importantes de la rétrogradation et du séchage des superphosphates et des phosphates précipités.

La fabrication du phosphore a subi dans ces dernières années une évolution qui a transformé d'une manière profonde les conditions industrielles et économiques de cette industrie; l'auteur a retracé les étapes de cette évolution et s'est efforcé de préciser les conditions de la fabrication du phosphore aussi bien dans les procédés nouveaux que dans les méthodes plus anciennes.

3° Sciences naturelles

Forty-sixth Annual Report of the Trustees of the American Museum of Natural History for the year 1914. — *1 vol. in-8° de 192 p. avec 17 planches et 1 carte hors texte. New-York,* 1915.

Le Musée Américain d'Histoire naturelle de New-York (l'un des trois grands musées des Etats-Unis, avec le Musée national de Washington et le Musée Field de Chicago) est une institution dont la fondation en 1868 est due à l'initiative privée et qui, bien qu'elle reçoive aujourd'hui une dotation annuelle d'un million de francs de la ville de New-York, continue à se développer grâce à la libéralité du public, sous la direction d'un Conseil d'administration nommé pour les souscripteurs.

Dans la pensée de ses fondateurs et de ses directeurs actuels, la fonction du Musée est double : contribuer à l'éducation du peuple, d'une part, aux progrès de la science, de l'autre. Le Rapport qui vient d'être publié pour l'année 1914 montre comment cette tâche a été remplie.

En ce qui concerne la tâche éducative, le Musée a coopéré pendant l'année 1914 avec 451 écoles publiques de la ville par l'envoi de collections d'histoire naturelle et l'organisation au Musée de conférences spéciales pour compléter l'enseignement scolaire de la géographie, de l'histoire et des sciences naturelles. Afin d'atteindre certaines parties de la ville à population dense, où les parents ne peuvent envoyer leurs enfants au Musée, un projet a été lancé qui comporte : 1° l'établissement d'une série de centres locaux de conférences; 2° l'inauguration d'un système de prêt de vues pour projection permettant aux instituteurs de donner un enseignement visuel dans leur propre classe; 3° l'ouverture d'un Musée d'éducation succursale dans l'Ecole supérieure Washington Irving, cette innovation pouvant se répéter dans d'autres écoles au fur et à mesure que les moyens le permettront. La réalisation de ce projet est en cours d'exécution. A signaler également la coopération du Musée à l'enseignement des aveugles par l'envoi de collections spéciales, contenant en particulier des modèles réduits de certains grands animaux, et un grand globe terrestre en relief de 70 cm. de diamètre, ou par des visites au Musée, où toute facilité est donnée aux aveugles de toucher les objets dont on leur parle.

Parmi les objets d'enseignement dont les collections à l'usage du public se sont enrichies au cours de l'année, il faut signaler : un modèle de la mine de Copper Queen, à l'échelle d'un pouce pour 6 pieds, montrant en particulier le fonctionnement de l'extraction avec un moteur électrique automatique, et qui est sans doute le modèle de mine le plus parfait actuellement existant; un modèle de la puce qui transmet le bacille de la peste du rat au rat et du rat à l'homme, agrandi 120 fois; une exposition d'hygiène militaire, montrant l'impôt terrible prélevé par la maladie dans les campagnes du passé et les méthodes employées pour en préserver actuellement les armées (purification des eaux, éloignement des déchets et ordures, protection contre les insectes, soin des blessés et des malades, etc.).

La contribution du Musée au progrès de la science a lieu surtout par l'organisation d'expéditions scientifiques envoyées dans les diverses parties du globe, avec la mission d'étudier certaines questions et de rapporter des collections. En 1914, les expéditions organisées entièrement par le Musée ou subventionnées partiellement par lui ont été au nombre de 29, dont 23 dans l'Amérique du Nord, 3 dans l'Amérique du Sud et 3 en Afrique. Parmi elles, il faut citer surtout l'expédition Roosevelt dans l'Amérique du Sud, l'expédition Lang et Chapin au Congo et l'expédition à la recherche de la Terre de Crocker, qui ont donné des résultats importants. L'étude des collections rapportées par les expéditions envoyées par le Musée a donné lieu à 44 mémoires publiés dans le *Bulletin* et à un volume de mémoires anthropologiques.

L'Association du Musée a compté l'année dernière 3669 membres, ayant fourni environ 150.000 francs de cotisations. Mais ce n'est là qu'une faible partie des ressources du Musée. Les administrateurs eux-mêmes y ont contribué pour 230.000 francs de souscriptions personnelles, et l'intérêt des fonds inaliénables s'est élevé à près de 540.000 francs. Le Musée a perdu cette année une de ses principales bienfaitrices, Mme Morris K. Jesup, qui a ajouté au legs de 5 millions laissé autrefois par son mari, un nouveau don de 20 millions de francs, dont les intérêts doivent être consacrés exclusivement à l'œuvre scientifique et éducatrice du Musée. C'est par de telles libéralités privées, assez courantes aux Etats-Unis, que la plupart des institutions scientifiques de ce pays ont été dotées de moyens d'action qui dépassent souvent ceux de nos vieilles institutions européennes.

L. B.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 8 Novembre 1915

1° Sciences mathématiques. — **M. M. d'Ocagne**: *Sur la rectification et la quadrature des épi-ou hypocycloïdes.* L'auteur arrive en particulier aux résultats suivants. La longueur d'une épi-ou hypocycloïde algébrique quelconque est égale au périmètre du carré circonscrit à son cercle moyen. Son aire est égale à celle du cercle qui coupe orthogonalement tous les cercles inscrits dans la couronne comprise entre son cercle limite et son cercle moyen.

2° Sciences physiques. — M. **L. Guillet**: *Sirène harmonique à corde. Mesure du module d'Young.* L'auteur a constaté que les modes d'entretien électrique du mouvement vibratoire appliqués avec succès au diapason s'adaptent à la corde vibrante, mais à la condition de bien combiner et de bien placer le contact. Le contact doit se trouver extrêmement près de l'un des points d'attache de la corde. Il y a lieu d'adopter un contact à charbon spécialement construit, dont l'un des pôles est solidaire de la corde et l'autre formé par un disque de charbon dont on peut régler, par ressort et bague filetée, le degré de mobilité élastique. La corde est tendue sur un support stable à l'aide d'une vis micrométrique commandant, par translation, la pièce solidaire de l'une des extrémités de la corde. La corde étant en vibration, il suffit d'agir sur la vis d'une manière continue pour faire monter ou descendre le son et produire, par suite, l'effet bien connu de sirène. — MM. **R. Ledoux-Lebard** et **Dauvillier**: *Nouvelle méthode radioscopique de recherche sûre des corps étrangers pendant les interventions chirurgicales.* Cette méthode repose sur l'emploi d'une ampoule à double anticathode, donnant sur un écran fluorescent, à travers un diaphragme rectangulaire d'ouverture variable, deux ombres d'un même point opaque et deux ombres d'une pince chirurgicale qui coïncideront lorsque la pince arrivera au contact du projectile. — MM. **L. Tschugaeff** et **W. Lebedinsky**: *Sur deux séries de complexes dérivés du platine bivalent et correspondant à l'indice de coordination 6.* En partant de l'acétonitrile et du chloroplatinite de potassium, Hofmann et Bugge ont obtenu le composé ($Pt.2CH^3CN.Cl^2$); les auteurs, en le chauffant avec prudence, l'ont transformé en une modification isomérique β. Les deux isomères α et β possèdent la propriété de fixer 4 mol. de NH^3, en donnant deux chlorures également isomères $[Pt.2CH^3CAz.4NH^3]Cl^2$. Ces faits montrent que les dérivés du platine bivalent, qui correspondent généralement à l'indice de coordination 4, peuvent aussi posséder l'indice 6. — M. **A. Guilliermond**: *Sur l'origine des pigments anthocyaniques.* L'auteur a reconnu que l'anthocyane, bien que se formant souvent directement au sein des mitochondries comme dans les dents des folioles de rosiers, semble cependant, tout aussi fréquemment, dériver de la transformation d'un composé phénolique incolore préalablement formé au sein des mitochondries et dissous dans les vacuoles.

3° Sciences naturelles. — MM. **A. Marie** et **L. Mac Auliffe**: *Caractères morphologiques généraux des aliénés.* Les auteurs confirment le fait que les pensionnaires des asiles d'aliénés présentent une morphologie très différente de la normale. La taille des aliénés, en vertu de la dégénérescence, est en majorité petite; ces malades présentent un buste court, ce qui paraît indiquer un arrêt de développement ontogénique des organes que le buste renferme : appareil pulmonaire et digestif. Par contre, les membres, surtout les membres inférieurs, semblent subir au cours de leur développement une poussée exagérée. Les mêmes phénomènes anormaux se constatent dans le développement ontogénique de la tête, dont la largeur est généralement grande. — M. **Bonnefon**: *La trémulation physiologique de l'iris (fausse iridodonèse).* La trémulation de l'iris ou iridodonèse a été considérée de tout temps comme de nature exclusivement pathologique et liée à des modifications anatomiques bien définies. L'auteur a observé chez des sujets normaux ou faiblement amétropes, indemnes de tout traumatisme récent ou ancien, l'existence d'une iridodonèse bien caractérisée, se distinguant de l'iridodonèse pathologique par son siège exclusivement périphérique et la faible amplitude des mouvements oscillatoires. — M. **A. Ch. Hollande**: *Coloration vitale par le carmin soluble chez les Insectes.* Les combinaisons acides du carmin se comportent bien différemment des combinaisons alcalines; les premières peuvent être absorbées par la plupart des cellules absorbantes : cellules digestives, leucocytes-phagocytes, cellules péricardiques et cellules rénales; les secondes ne sont absorbées que par les leucocytes-phagocytes et les cellules péricardiques. De plus, les acido-carmins ne font, pour ainsi dire, que traverser la cellule, tandis que les carminates y séjournent parfois de longs mois, fait qui s'explique aisément par la transformation du carminate en carmin pur, insoluble dans l'eau. — M. **Em. Haug**: *Sur la tectonique de la région de Brignoles (Var).* Il résulte des observations de l'auteur que la série autochtone apparaît dans la région de Brignoles exclusivement sous la forme de fenêtres ménagées par l'érosion dans la grande nappe de la basse Provence. A l'extrémité orientale de chacune d'elles, leurs terrains s'enfoncent sous ceux de la dépression permienne, qui fait elle-même partie de la nappe. Jusqu'ici, les bauxites n'ont été exploitées que sur les lignes d'affleurement; les perspectives d'exploitation en profondeur, sous les nappes, sont pour ainsi dire illimitées.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 9 Novembre 1915

M. **S. Pozzi**: *Une observation de tétanos localisé précoce.* L'auteur a observé, chez un soldat blessé par des éclats d'obus ayant fracassé les os de la région tarsienne gauche et ayant reçu une injection préventive de sérum antitétanique 3 jours après sa blessure, l'apparition, au 5e jour, d'un tétanos localisé à la jambe gauche, avec douleurs horribles ne cédant à aucun calmant. L'amputation du pied, pratiquée au 13e jour, n'a d'abord apporté aucune amélioration; puis, des injections massives de sérum antitétanique ont amené peu à peu une diminution des secousses et des douleurs; mais, après 6 semaines, la jambe reste toujours fortement fléchie sur la cuisse. Ces cas de tétanos localisé sont jusqu'à présent excessivement rares. — M. **J. Lignières**: *Le traitement des plaies par le sérum de cheval.* En dehors des sérums spécifiques, le sérum normal de cheval a été préconisé depuis longtemps en thérapeutique humaine, notamment pour le traitement des plaies. L'auteur a reconnu que le sérum frais de seconde saignée, pratiquée 24 heures après la première, sans chauffage, est celui qui donne les meilleurs résultats. — M. **C. Lian**: *L'alcoolisme cause d'hypertension artérielle.* L'auteur a étudié 150 sujets, qu'il a répartis en 4 catégories : sobres, moyens, grands et très grands buveurs. Les différences dans le nombre des hypertendus dans les quatre catégories sont telles que la conclusion s'impose : l'alcoolisme est un facteur important dans l'étiologie de l'hypertension artérielle. Son influence nocive se fait largement sentir à ce point de vue chez les grands buveurs, et est considérable chez les très grands buveurs.

Séance du 16 Novembre 1915

M. le Président annonce le décès de M. **A.-H. Malherbe**, correspondant national.

M. **L. Camus** : *Pansement vaccinal protecteur.* Le pansement vaccinal s'impose toutes les fois que des raisons sérieuses font craindre que, sur certains points des téguments, du virus vaccinal se développe s'il y est accidentellement transporté; ainsi on l'emploiera toujours quand la vaccination sera pratiquée chez un individu atteint de plaie cutanée traumatique ou pathologique grave. Dans les autres cas, le pansement vaccinal protecteur devient un pansement de complaisance, qui présente toutefois certains avantages, en empêchant les inflammations dues aux traumatismes post-opératoires et aux infections secondaires. Un type de pansement recommandable consiste à utiliser, pour isoler et protéger le vaccin, l'espace libre obtenu par l'enlèvement d'une rondelle dans un tissu épais; on recouvre les deux faces d'un enduit adhésif non irritant, et par-dessus on place une gaze. — M. **Daumézon** : *Sur la morphologie du bacille typhique et du bacille paratyphique B cultivés in vitro dans le liquide céphalo-rachidien de l'homme.* Le bacille d'Eberth peut accidentellement présenter un allongement très considérable dans le liquide céphalo-rachidien *in vivo ;* il se raccourcit dans les cultures filles en milieu artificiel. Des ensemencements dans 18 échantillons de liquides céphalo-rachidiens correspondant à des états pathologiques divers n'ont pas reproduit la forme longue originelle. Cependant, dans un de ces 18 cas, un liquide de ponction a fourni artificiellement *in vitro* et en présence d'oxygène des formes indiscutablement plus longues que la normale, paraissant constituer un terme de transition vers l'étirement considérable constaté *in vivo.* Cet étirement n'est pas spécial au bacille d'Eberth.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 6 Novembre 1915

MM. **Ed. Retterer** et **H. Neuville** : *De la forme et de la structure de la rate des Carnivores, ainsi que de l'évolution du parenchyme splénique.* Il existe chez l'ours et le lion un syncytium qui entoure les artérioles spléniques et non pas un réticulum dont les mailles contiennent des lymphocytes libres. C'est ce syncytium qui représente le premier stade de l'évolution du parenchyme splénique. Il est parcouru par des filaments granuleux et anastomotiques (hématoxylinophiles) et non point par des fibres collagènes ou conjonctives; ce syncytium correspond aux centres germinatifs et se transforme en tissu réticulé à mailles vides par fonte du cytoplasme (2e stade). Par désagrégation du réticulum, les restes cellulaires deviennent libres (leucocytes) et, si le noyau a subi la dégénérescence hémoglobique, il devient une hématie. — MM. **Et. Burnet** et **R. J. Weissenbach** : *Valeur des renseignements fournis par la culture en gélose à l'acétate de plomb pour la différenciation des bacilles typhique et paratyphiques A et B.* L'ensemencement en gélose à l'acétate de plomb, associé à l'ensemencement en gélose glucosée au rouge neutre, constitue un moyen simple, rapide et sûr de différencier les bacilles typhique et paratyphiques A et B. Le paratyphique A pousse dans le premier milieu sans le noircir ou ne noircit qu'après plusieurs jours; le paratyphique B et le bacille typhique le noircissent en 18 à 24 heures. Dans le second milieu, le bacille typhique pousse sans faire virer le rouge neutre, tandis que les paratyphiques le font virer. La concordance des résultats de ce double ensemencement avec ceux que fournit l'agglutination est parfaitement constante. — M. **A. Guilliermond** : *Sur un exemple de copulation hétérogamique observée dans une nouvelle levure : Zygosaccharomyces Nadsonii.* Au moment de la copulation, les cellules sont arrondies et possèdent presque toutes 1 à 3 petits bourgeons encore réunis à elles. La copulation s'effectue entre une cellule mère et l'un de ses bourgeons. La cellule mère joue le rôle de gamète femelle, tandis que le bourgeon représente le gamète mâle. Les deux cellules s'unissent par un canal de copulation formé par la soudure de deux becs émis par elles. Le contenu du gamète mâle émigre dans le gamète femelle, qui se transforme en asque renfermant ordinairement deux ascospores arrondies, tandis que le reste du gamète mâle, c'est-à-dire sa membrane, se résorbe. — MM. **H. Claude** et **R. Porak** : *Les troubles de la motilité dans les psychonévroses du type hystérique.* Des épreuves ergographiques auxquelles les auteurs ont soumis leurs malades se dégagent quelques conclusions générales : 1° L'altération considérable de la forme des contractions musculaires, mise en évidence dans la détermination du poids maximum et dans les courbes de fatigue, caractérise l'instabilité motrice particulière des psycho-névroses du type hystérique. 2° L'aisance avec laquelle les malades effectuent un effort très prolongé apparaît au stade en plateau du tétanos volontaire et, à en juger par le nombre des contractions, dans les courbes de fatigue volontaire. Cette continuité d'un effort faible, il est vrai, est à rapprocher de la lente fatigabilité. 3° Enfin la rééducation peut être faite rapidement.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 2 Juillet 1915

M. **C. Raveau** : *Sur la liquéfaction industrielle de l'air.* I. Décrivant d'abord l'appareil de M. G. Claude, M. C. Raveau donne aux deux parties distinctes dont il se compose le nom de *circuit de liquéfaction* L et de *circuit de réfrigération* R. Les deux circuits sont alimentés d'air à 40^{atm}; dans le premier L, une liquéfaction partielle se produit au cours d'une détente irréversible par libre écoulement à travers un robinet; dans le second R, l'air circule indéfiniment, subissant, dans un ou plusieurs cylindres, une détente approximativement réversible qui n'abaisse guère sa température au-dessous de — 150° C. M. Raveau s'occupe surtout des échanges de chaleur qui ont lieu entre les circuits L et R d'une part et les différentes parties du circuit L d'autre part. Il montre comment les données fournies par M. G. Claude s'accordent avec les propriétés calorimétriques de l'air, telles que les a calculées Witkowski à partir des propriétés thermo-élastiques, dans l'hypothèse de la constance approximative de la chaleur spécifique sous la pression atmosphérique. II. Du point de vue thermodynamique, une machine à liquéfier l'air absorbe du travail et dégage, à la température ambiante, une quantité de chaleur supérieure à l'équivalent de ce travail. L'excédent représente la variation d'énergie du gaz qui se liquéfie. On démontre aisément que le rendement maximum serait atteint dans une machine qui fonctionnerait d'une façon réversible, c'est-à-dire qui ne comporterait ni détente par libre écoulement, ni surtout d'échanges de chaleur entre des masses de gaz dont les températures sont très différentes. Dans la première machine, définitivement abandonnée par M. G. Claude, la liquéfaction se produisait au cours d'une détente réversible sous piston, et l'air qui avait échappé à la liquéfaction se réchauffait, depuis — 193° C., aux dépens de l'air comprimé qui se refroidissait jusqu'à la température initiale de la détente. Dans une telle machine, fût-elle parfaite sous tout autre rapport, cette chute de chaleur aurait pour effet d'abaisser le rendement aux 2/3 de la valeur théorique maxima. La dépense théorique minima qu'exigerait la production de 1kg d'air liquide serait de 0,26 cheval-heure. Si l'on admet pour le rendement pratique du compresseur la valeur 2/3 et pour les pertes inévitables la fraction 1/2, la dépense pratique d'une machine *intérieurement* parfaite serait de 0,78 cheval-vapeur par kilogramme d'air liquide. Dans l'appareil de M. G. Claude, la dépense est de 1,26 cheval-vapeur par kilogramme d'air liquide.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

26e ANNÉE N° 24 30 DÉCEMBRE 1915

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

H. Ch. Bastian. — Le 17 novembre est mort en Angleterre, à l'âge de 78 ans, un savant, le Dr H. Charlton Bastian, dont le nom a été associé à l'une des controversés les plus retentissantes de la seconde moitié du siècle dernier.

Bastian a fait toute sa carrière officielle dans l'enseignement de la médecine et la pratique hospitalière; il s'est surtout intéressé à l'étude clinique de la neurologie; il était devenu un spécialiste autorisé des affections nerveuses et il a laissé dans ce domaine des travaux de valeur sur les paralysies, l'hystérie, l'aphasie et les autres défauts de la parole et un livre : *Le cerveau considéré comme organe de la pensée*, qui a été traduit en français et en allemand.

Mais c'est à un autre ordre de recherches que le nom de Bastian restera particulièrement attaché. Contrairement aux vues généralement acceptées, il niait que la vie se développe toujours aux dépens d'une vie préexistante; pour lui, le vieil aphorisme : *Omne vivum ex vivo* n'est pas vrai, et il soutenait non seulement que dans un passé éloigné un concours fortuit d'atomes a probablement donné naissance au premier commencement de la matière vivante, mais aussi que ce processus s'est toujours continué depuis, et qu'il se poursuit encore aujourd'hui. Il était, en somme, partisan de la doctrine de la génération spontanée ou, comme il préférait la nommer, de l'*archébiose*, et il exécuta un grand nombre de recherches laborieuses pour la prouver.

Il employait des liquides formés de : *a*) phosphate d'ammonium, acide phosphorique et silicate de sodium; *b*) sulfate ferreux et ferrocyanure de potassium; *c*) sulfate ferreux, ferrocyanure de potassium et silicate de sodium. Ils étaient introduits dans des tubes de verre qu'on scellait, stérilisait à des températures diverses, maintenait dans certaines conditions de lumière et de chaleur et examinait après un certain nombre de mois. Dans plusieurs de ces tubes, des micro-organismes : bactéries, torulas et même moisissures, semblent, d'après Bastian, avoir fait leur apparition. Les expériences étaient laborieuses et nombreuses les causes d'erreurs possibles. Bastian s'appliqua à prévenir toutes les critiques et maintint jusqu'à la fin la justesse de ses observations. Peu de personnes ont entrepris de les répéter; on ne peut dire qu'elles aient été confirmées, bien que divers chercheurs aient prétendu avoir observé le développement d'organismes inférieurs dans des tubes de cultures préparées suivant ses indications.

Bastian soutenait également la doctrine de l'*hétérogénèse*, c'est-à-dire de l'apparition soudaine d'une espèce d'organismes dans la descendance d'une autre espèce. Ainsi, d'après lui, des Ciliés et des Flagellés pouvaient succéder à des Amibes, sorties elles-mêmes d'une masse de zooglée bactérienne.

Bastian défendait ses idées contre l'opposition unanime avec une ténacité et une bonne foi qui lui gagnèrent le respect de tous ses adversaires, au nombre desquels Pasteur lui-même, qui l'avait vaincu, mais non écrasé, dans une séance mémorable du Congrès international de Médecine de Londres, en 1881.

§ 2. — Astronomie

L'avenir des planètes. — Un grand nombre d'hypothèses ont été suggérées pour expliquer la constance relative de la chaleur solaire : actions chimiques internes, énergie cinétique des molécules, chute de météores, transformations radioactives, contraction progressive, etc. Mais aucune de ces hypothèses n'est vraiment satisfaisante et ne résiste à un examen approfondi.

Dans un article fort captivant[1], M. Puiseux expose combien cette constance du Soleil est anormale vis-à-vis des étoiles qui lui sont comparables, et peu certaine pour l'avenir.

La densité moyenne du Soleil, supérieure à celle de l'eau, mais inférieure au quart de celle de la Terre, peut sembler faible par comparaison. Elle est en réalité très forte pour un corps de cette étendue et, si l'on considère combien les couches superficielles sont raréfiées, il semble de toute nécessité, à mesure que l'on pénètre un peu

1. *Scientia*, octobre 1915.

profondément dans l'intérieur de l'astre, que la densité augmente et que la pression atteigne un nombre formidable d'atmosphères.

Sous l'influence de cette pression, il se produit, d'après M. Innes, une libération d'énergie atomique, transformant les éléments lourds en éléments légers : hydrogène, hélium, nébulium, archonium, ces deux derniers entrevus seulement dans les nébuleuses. « Cette force, à l'œuvre dans le Soleil, est loin d'y avoir produit tous ses effets, et pourrait bien nous ménager, un jour ou l'autre, quelque formidable surprise. On en observe les résultats plus avancés dans les étoiles blanches, où le spectroscope ne révèle plus les raies des éléments lourds. Les étoiles nouvelles nous ont montré la métamorphose totale établie dans un temps si court que le mot d'explosion ne semble pas exagéré pour la dépeindre. Et le passage de l'étoile solaire à la nébuleuse n'est peut-être encore qu'un prélude. Si, comme le croyait Mendeléeff, l'éther possède une masse et diffère surtout de l'hydrogène par l'inertie chimique et le poids bien plus faible de son atome, il n'est pas défendu d'aller plus loin et de concevoir une transformation du nébulium en éther. Nous serions ainsi dispensés de chercher ce que deviennent les résidus des étoiles détruites. »

L'observation ne nous indique pas si nous devons considérer la catastrophe comme prochaine. La statistique stellaire, rassurante à un point de vue, puisqu'on a peu d'occasion d'observer des extinctions ou de fortes recrudescences, est inquiétante à un autre, car les seuls corps célestes auxquels on soit fondé à attribuer une densité moyenne égale ou supérieure à celle du Soleil n'ont que des masses beaucoup moindres. Quand on trouve, ce qui est le cas le plus général, des masses supérieures à celle du Soleil, les densités moyennes sont bien plus faibles, et il devient de plus en plus probable qu'une grande masse est incompatible avec une forte densité. « Le Soleil est par là suspect d'être instable. Il serait à sa manière un sujet anormal, affecté d'un vice de constitution qui pourrait bien se traduire par une crise moins inoffensive que l'incessante formation des rayons coronaux, des protubérances, des taches et des facules.»

Les planètes n'ont pas seulement à redouter une transformation brusque du Soleil. Chacune d'elle peut avoir dans sa structure le germe d'une crise analogue à celle que nous venons de prévoir. La Terre est, après Mercure, la planète la plus dense. Par suite, la pression doit atteindre, à l'intérieur de notre globe, des valeurs énormes, capables, d'après M. Innes, de produire sur les éléments un changement total de la structure moléculaire. Il y aurait libération de l'énergie intra-atomique, comme nous le voyons dans les transformations radioactives, mais tous les éléments chimiques, ou peu s'en faut, y seraient intéressés. On devrait chercher là l'origine des éruptions, des secousses sismiques. On ne s'étonnera point de l'intensité de ces effets si l'on note, avec Sir William Ramsay, que le radium peut dégager deux millions de fois plus d'énergie que la cordite, l'un des plus puissants explosifs connus.

Le noyau central de notre globe est donc dans un état d'instabilité qui semble lié à la grande densité moyenne de la Terre, et dont nous ressentons de temps à autre les effets. Il serait intéressant d'être renseigné sur la marche progressive ou régressive de cette instabilité qui se manifeste dans les phénomènes volcaniques. La connaissance du passé de la Terre est trop imparfaite pour que nous puissions dire si ces phénomènes sont actuellement dans une période de croissance ou si, au contraire, ils tendent à s'atténuer.

Mais une indication peut être utilement demandée à l'examen de la surface de la Lune. Par suite de l'extrême sécheresse et de la rareté de l'atmosphère, en raison aussi de l'absence des sédiments et des nappes océaniques, les formes volcaniques de tous les âges se sont admirablement conservées. Ces formes ont évolué pour se rapprocher finalement de celles de nos volcans terrestres. Mais l'activité volcanique paraît s'être éteinte bien avant d'avoir gagné la surface entière, et une surveillance assidue n'en a révélé d'une façon sûre aucune manifestation nouvelle. La forme actuelle du volcanisme terrestre a été pour le volcanisme lunaire une forme finissante.

« Il paraît donc probable que les frémissements de la Terre sont déjà en voie de s'éteindre, ou tout au moins s'arrêteront avant d'avoir compromis sérieusement l'enveloppe solide qui nous porte. La force génératrice des océans et des montagnes est assoupie et ne se réveillera que sur un signal parti du Soleil. Mais, inévitablement, ce signal viendra. Plus instable qu'aucune planète, l'astre central imposera, après l'avoir subie pour lui même, une transformation profonde à tout son cortège.

A. B.

§ 3. — Physique

Les propriétés magnétiques de quelques alliages de fer fondus dans le vide. — Nous avons déjà signalé les recherches de M. T. D. Yensen sur les propriétés magnétiques remarquables du fer électrolytique fondu dans le vide[1]. Ce savant vient d'étendre ses recherches à divers alliages formés par le fer électrolytique fondu, toujours dans le vide, avec d'autres éléments[2].

Les alliages fer-bore, fer-carbone, fer-cobalt ont été successivement étudiés, mais ce sont surtout les alliages fer-silicium qui ont donné des résultats intéressants. Les deux meilleurs alliages ont été obtenus avec des teneurs de 0,15 et de 3,4 % de Si, après recuit à 1100° C. Les valeurs de la perméabilité maximum pour ces deux alliages sont supérieures à 50.000, et les valeurs de la perte d'hystérèse pour $B_{max} = 10.000$ et 15.000 sont respectivement de 300 et de 1000 ergs par cm^3 et par cycle. La perte par hystérèse est respectivement le 1/8 et le 1/3 de la perte correspondante pour l'acier au silicium commercial.

Tandis que les deux alliages ont des propriétés magnétiques analogues, l'alliage à 3,4 % de Si possède une résistance électrique environ 5 fois supérieure à celle de l'alliage à 0,15 %; il est donc particulièrement désigné pour l'emploi dans les machines électromagnétiques aux endroits où l'on veut avoir une faible perte de courant parasite, en même temps qu'une haute perméabilité et une faible perte par hystérèse.

§ 4. — Electricité industrielle

Un nouveau type de lampe à arc à électrodes inusables. — Les électrodes des lampes à arc ordinaires (carbone, magnétite, etc...) sont soumises à une oxydation ou une volatilisation continue, qui nécessite leur remplacement fréquent et le nettoyage périodique de la lampe. S'il était possible de construire une lampe telle que le passage de l'arc ne se fît pas aux dépens des électrodes, mais d'un gaz ou d'une vapeur environnant, sans destruction de ce dernier milieu, on aurait réalisé un système qui ne nécessiterait plus de remplacement et ne demanderait guère plus de soins qu'une lampe à incandescence ordinaire.

Les essais entrepris dans cette direction par M. W. A. Darrah, et communiqués par lui à une séance commune de la Société électrochimique américaine et de la Société des ingénieurs de l'éclairage[3], laissent entrevoir la solution pratique de ce problème.

L'auteur a d'abord constaté que l'addition de faibles quantités de composés cériques ou calciques à l'arc au carbone peut augmenter son rendement de près de

1. *Rev. gén. des Sc.* du 15 mars 1915, t. XXVI, p. 133.
2. *Proc. of the American Inst. of electr. Engineers*, t. XXXIV, p. 2455; oct. 1915.
3. *Electrical World*, t. LXVI, n° 20, p. 1099; 13 nov. 1915.

300 °/₀, et que l'addition de titane (de préférence sous forme d'oxyde) à l'arc à magnétite produit de même un accroissement de la luminosité sans augmentation de consommation. Par contre, l'addition de cérium ou de calcium à l'arc à magnétite, ou l'addition de titane à l'arc au carbone, ne produisent pas de gains de luminosité correspondants.

L'étude attentive de ces faits a conduit l'auteur à penser qu'un arc pourrait être maintenu en vase clos en l'alimentant par ces éléments photogènes sous forme de vapeur. Voici la disposition qu'après plusieurs essais il a finalement donnée à sa lampe (fig. 1) :

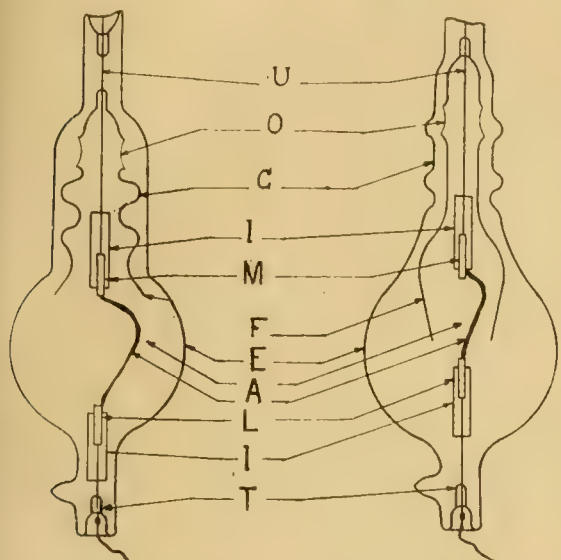


Fig. — *Schéma de la lampe à arc à électrodes inusables.*

A, arc; E, enveloppe de la lampe; L, M, électrodes de tungstène; I, isolateurs; F, enveloppe de l'arc; C, chambre de condensation; O, ouvertures pour le tirage; T, U, porte-électrodes.

Elle consiste essentiellement en une enceinte E, au centre de laquelle l'arc A jaillit entre deux électrodes de tungstène L et M d'environ 4,5 mm. de diamètre. Ces électrodes sont partiellement entourées d'un isolateur réfractaire I, destiné à empêcher l'arc de jaillir loin des extrémités des électrodes. Le tungstène constitue la meilleure matière pour les électrodes, à cause de son inertie chimique, même au rouge, en présence des diverses vapeurs utilisées.

Tous les liquides employés pour fournir les vapeurs actives étant hygroscopiques et décomposés souvent par l'air humide, on doit faire le vide dans la lampe, puis la chauffer ainsi que les électrodes à basse pression pour éloigner les pellicules d'air, et enfin introduire les liquides sans ouvrir l'enceinte à l'air. On y parvient au moyen d'un récipient scellé à la partie inférieure de la lampe et pourvu d'un robinet qui le relie à celle-ci; on y introduit le liquide avec précaution, puis on ouvre le robinet lentement et la pression atmosphériqus fait pénétrer le liquide dans la lampe.

Les vapeure expérimentées ont été celles de $SbCl^5$, CCl^4, $SnCl^4$, $TiCl^4$, etc... L'aspect de l'arc est très différent de celui des autres lampes à arc; le spectre de la flamme est caractéristique des éléments employés. Les courbes qui indiquent la relation entre la longueur de l'arc et le voltage montrent que la lumière émise par une lampe à arc au pentachlorure d'antimoine recevant 10 ampères est 20 fois plus forte que celle d'une lampe recevant 2 ampères sous le même voltage, ce qui représente un rendement à peu près quadruple. Le maximum de rendement de cette lampe s'obtient pour 20 ampères environ. Des lampes au bromochlorure de titane ont été construites avec un maximum de rendement pour 5 ampères environ.

§ 5. — Chimie

Nickelage direct de l'aluminium. — Il est assez difficile de déposer directement sur l'aluminium une couche bien adhérente de nickel. Aussi jugeait-on généralement nécessaire, dans les ateliers électro-chimiques, d'effectuer le nickelage sur un dépôt préalable de cuivre, de fer ou de zinc. M. J. Canac a réussi à obtenir un dépôt direct en couche adhérente, après avoir décapé l'aluminium de la façon suivante.

Le métal est d'abord passé dans une solution bouillante de potasse caustique; on le lave, puis on le brosse avec un lait de chaux; après un lavage à l'eau pure, on l'immerge pendant quelques minutes dans un bain de cyanure de potassium à 2 °/₀. On le lave de nouveau et on le trempe dans :

Eau	500 cc.
Acide chlorhydrique	500 gr.
Fer	1 gr.

Cette immersion est prolongée jusqu'à ce que l'aluminium prenne un aspect particulier, rappelant le *moiré métallique* du fer-blanc soumis à l'action de l'acide chlorhydrique et de l'acide azotique.

Après un dernier lavage à l'eau pure, on procède au nickelage, dans le bain suivant :

Eau	1.000 cc.
Chlorure de nickel	50 gr.
Acide borique	20 gr.

M. Canac donne au métal ainsi traité le nom d'*aluminium-nickel*, bien que ce ne soit pas là un alliage. Quoi qu'il en soit, le dépôt est très solide et supporte bien le martelage. On peut courber les plaques sans qu'il se forme la moindre craquelure, et c'est seulement par cassure de l'aluminium que celui-ci est mis à nu. Le métal supporte l'échauffement, sans déformation, jusqu'au point de fusion de l'aluminium. Il ne s'altère pas à l'air humide, résiste à la plupart des réactifs chimiques, n'est pas attaqué par les vins et les alcools. L'emploi en est tout indiqué dans les cas où l'on a besoin d'un métal léger, résistant et inaltérable : ustensiles de ménage ou de voyage, matériel d'automobiles, canots, aéroplanes, appareils photographiques, etc.

§ 6. — Biologie

Relations entre la couleur spectrale et la stimulation chez les organismes inférieurs. — On sait que la plupart des organismes simples répondent d'une manière bien définie à l'excitation lumineuse : les uns s'orientent et se dirigent directement vers la lumière, d'autres en sens inverse, d'autres encore se dirigent vers elle dans certaines conditions et s'en éloignent dans d'autres.

Dans un champ lumineux formé par deux faisceaux horizontaux se croisant à angle droit, ces organismes procèdent, dans un sens ou dans l'autre, par rapport à un point situé entre les deux faisceaux. La situation de ce point dépend de l'éclairage relatif reçu des deux faisceaux par les organismes. S'il est égal en qualité et en intensité, de sorte que l'excitation soit la même, ce point est approximativement à égale distance des deux faisceaux [1]. Par conséquent, quand les organismes procèdent d'un point ainsi situé, on peut conclure que l'effet stimulant de la lumière des faisceaux est égal, quelles que soient son intensité ou sa qualité. Il en résulte que, si la qualité d'un faisceau est maintenue constante (lumière blanche, par exemple), tandis que la couleur de l'autre varie, on pourra déterminer la stimulation relative due aux diverses couleurs. Pour cela, il faut faire varier l'intensité lumineuse de la lumière blanche à chaque changement de couleur de l'autre faisceau, jusqu'à ce que les organismes suivent le même trajet. L'effet

1. S. O. Mast : Light and the behaviour of organisms. J. Wiley and Sons, New-York, 1911.

stimulant des différentes couleurs sera alors directement proportionnel aux diverses intensités de la lumière blanche. Pour exprimer cette efficacité relative en termes de longueurs d'onde et d'énergie, il suffira d'employer un spectre ayant une distribution connue d'énergie et de faire des corrections concordant avec cette distribution.

M. S. O. Mast[1] a appliqué cette méthode à l'étude de l'excitation relative des différentes régions du spectre chez une quinzaine d'organismes inférieurs : *Chlamydomonas*, *Trachelomonas*, *Phacus*, *Euglena* (5 espèces), *Pandorina*, *Eudorina*, *Gonium*, *Spondylomorum*, vers de terre, *Arenicola* (larves) et mouches à viandes (larves). Tous, excepté les trois derniers, sont des organismes microscopiques verts, de structure simple.

Pour tous les organismes microscopiques, sauf un, les résultats se répartissent en deux groupes. Dans l'un, la région de stimulation commence dans le bleu, près du violet, entre 430 et 440 $\mu\mu$. De là vers le rouge, l'excitation s'élève, d'abord lentement, puis rapidement, pour atteindre un maximum dans le vert, près du jaune, entre 530 et 540 $\mu\mu$; puis elle diminue, d'abord rapidement, ensuite de plus en plus lentement, pour se terminer dans le rouge, vers 640 $\mu\mu$. Dans l'autre groupe, la région de stimulation commence dans le violet entre 420 et 430 $\mu\mu$, puis s'élève très rapidement pour attendre un maximum dans le bleu entre 480 et 490 $\mu\mu$; elle diminue ensuite rapidement, pour se terminer dans le vert, vers 520 $\mu\mu$. Trois formes microscopiques appartiennent au premier groupe : *Pandorina*, *Eudorina* et *Spondylomorum*; les autres au second, qui renferme également les larves d'*Arenicola* et les vers de terre. Pour les *Chlamydomonas*, le maximum est dans le vert près de 510 $\mu\mu$; pour les larves de mouche, près de 520 $\mu\mu$.

Ces résultats montrent que la stimulation, chez tous les organismes étudiés, dépend de la longueur d'onde lumineuse; elle est beaucoup plus forte dans certaines régions du spectre; mais sa distribution dans le spectre diffère beaucoup chez certains organismes de structure très voisine (p. ex. *Euglena* et *Gonium*), tandis qu'elle est la même chez des organismes de structure très différente (p. ex. *Euglena* et vers de terre).

M. Mast se propose d'étudier les phénomènes physiques et chimiques qui sont associés avec ces réactions chez les organismes.

Recherches sur le développement du pou. — Parmi les parasites qui se sont multipliés considérablement dans les agglomérations de combattants depuis le commencement de la guerre, le pou est l'un des plus désagréables et des plus dangereux : désagréable parce qu'il produit une vive irritation de la peau, qui peut conduire à la perte presque complète de sommeil; dangereux parce qu'il est le vecteur des germes pathogènes de deux maladies au moins : le typhus exanthématique et la fièvre récurrente.

Aussi des mesures sévères ont été prises pour combattre ce parasite et en enrayer la multiplication. A la demande du Gouvernement anglais, un parasitologiste distingué, M. C. Warburton, a entrepris au Laboratoire Quick, de l'Université de Cambridge, l'étude des meilleurs moyens à employer dans ce but. Il lui a paru que la question ne pouvait être attaquée avec succès que si l'on possédait une connaissance complète, qui fait encore défaut, de l'évolution de l'insecte, et c'est de ce côté qu'il a d'abord dirigé ses recherches[2].

Celles-ci ont porté sur le pou de corps, *Pediculus vestimenti*, qu'il faut distinguer du pou de tête, *P. capitis*, moins important au point de vue qui nous occupe. L'habitat du pou de corps est le côté des vêtements de dessous qui est en contact avec la peau. Le pou, qui suce le sang de son hôte au moins deux fois par jour, est toujours, pour cette opération, fixé à ce côté interne par les griffes d'une ou plusieurs de ses six pattes. On le trouve rarement à l'état libre sur la peau, tandis que souvent la face intérieure des vêtements de dessous en fourmille littéralement.

Après un grand nombre d'expériences, M. Warburton est parvenu à élever ces insectes délicats, mais seulement dans des conditions bien circonscrites, dont l'une est leur fixation sur une sorte de flanelle ou de drap, et la seconde la proximité de la peau humaine. Il plaçait donc ses spécimens sur de petits morceaux de drap, introduits dans de petites éprouvettes en verre portées jour et nuit près du corps et fermées par un tampon d'ouate qui empêchait le pou de sortir, mais laissait entrer l'air et les émanations du corps humain. Deux repas par jour étaient nécessaires pour maintenir les poux en vie; pour cette opération, les pièces de drap, dont les insectes ne se détachent jamais, sont placées sur le dos de la main, ce qui annule pratiquement tout danger de fuite; une fois que l'accès à la peau lui est ainsi facilité, le pou se nourrit immédiatement et avec avidité.

Après de nombreux insuccès, M. Warburton a réussi à maintenir en vie un certain nombre d'insectes; il s'est proposé alors d'étudier leur reproduction. Une femelle est introduite dans une éprouvette, puis le jour suivant un mâle est admis auprès d'elle. L'accouplement a commencé le 6e jour, puis s'est reproduit à des intervalles fréquents. Peu après, un œuf a été pondu, et dans les 25 derniers jours de son existence la femelle a pondu en moyenne 5 œufs par 24 heures.

L'élevage de ces derniers est encore plus difficile que celui des parents. Très peu arrivèrent à éclosion. Ce n'est qu'en les laissant à l'endroit où ils avaient été pondus, sans les toucher, et en les plaçant dans les mêmes conditions que celles où la mère avait vécu, que huit d'entre eux, sur les 24 pondus, firent éclosion après une période d'incubation de 8 jours. Les 16 autres étaient morts en apparence; mais le tube qui les contenait ayant été laissé la nuit à la température du laboratoire (qui s'abaissa plusieurs fois au-dessous de 0°), 6 autres œufs firent éclosion après une incubation de plus d'un mois. On voit que la température joue un grand rôle dans la rapidité de développement et que des œufs de *Pediculus vestimenti* sont capables d'éclore pendant une période de 35 à 40 jours après la ponte.

L'élevage des larves est celui qui a offert le summum de difficultés. Leur petite taille rend leur observation malaisée; elles se déplacent très rapidement et se cramponnent moins que les parents au drap ou à la flanelle, ce qui crée de grandes difficultés au contrôle. Elles commencent à se nourrir dès qu'elles sortent de l'œuf. Elles semblent passer par trois mues successives, à des intervalles d'environ 4 jours, et le 11e jour elles atteignent la forme adulte, quoiqu'elles ne commencent à s'accoupler que 4 à 5 jours après.

M. Warburton résume ainsi l'évolution de l'insecte : période d'incubation, 8 jours à 5 semaines; de la larve à l'imago, 11 jours; condition adulte non fonctionnelle, 4 jours; vie adulte : mâle, 3 semaines; femelle, 4 semaines. Mais il ne faut pas oublier que ces chiffres sont basés sur des expériences de laboratoire, et que dans les conditions naturelles ces périodes peuvent se raccourcir.

Il résulte, d'autre part, nettement des expériences de M. Warburton que le pou de corps meurt très rapidement s'il n'est pas régulièrement nourri. De tous les vêtements infestés envoyés à son laboratoire, très peu contenaient des insectes vivants. La larve nouvellement éclose périt en 1 $^1/_2$ jour si elle ne peut se nourrir.

1. *Journal of the Franklin Inst.*, t. CLXXX, n° 5, p. 617; Nov. 1915.

2. *Journ. of the Royal Soc. of Arts*, t. LXIV, n° 3289, p. 43-44; 3 déc. 1915.

L'ARTILLERIE LOURDE DE CAMPAGNE[1]

PREMIERE PARTIE

I. — Historique

L'artillerie lourde jusqu'en 1870. — On sait que, jusqu'à ces dernières années, le calibre des pièces auxquelles était réservé le nom de « pièces de campagne » restait compris entre deux limites assez resserrées.

La limite inférieure devait tenir compte de la nécessité, pour le projectile, de pouvoir être suffisant pour attaquer efficacement les obstacles courants et donner des éclatements permettant le réglage du tir. La limite supérieure devait tenir compte des conditions de mobilité d'un matériel qui, pour être traîné par six chevaux, ne devait pas dépasser, pour les voitures, 2200 k.

De la sorte, le calibre restait compris entre 70 et 90 mm.

Mais la question s'est toujours posée de remédier à l'insuffisance de puissance du canon de campagne tel qu'il vient d'être défini, en lui adjoignant des pièces de plus forts calibres et, par suite aussi, plus lourdes.

Cette artillerie lourde, déjà employée au temps de Frédéric II, était représentée dans les guerres de la Révolution par le canon de 8 (106 mm.) et de 12[2] (121 mm.), et dans les campagnes napoléonniennes par : le canon de 12 (121 mm.), l'obusier de 6 (185 mm.), le mortier de 24 (150 mm.).

Elle a ensuite à peu près complètement disparu jusqu'après la guerre de 1870.

L'artillerie lourde de 1870 à 1897. — Mais, quelques années après, par suite de la création des régions fortifiées de notre frontière de l'Est, l'État-Major allemand ne vit d'autre moyen de réduire les ouvrages de défense édifiés, que de doter les troupes de campagne, chargées de l'offensive, d'une artillerie suffisamment mobile pour les accompagner, tout en restant assez puissante pour détruire rapidement ces forts d'arrêt. Dans cet esprit furent mis en service en Allemagne des obusiers de 15 et de 21 cm.

Les Russes, qui avaient été les premières victimes de l'insuffisance du canon de campagne, lors de la guerre d'Orient de 1877-78, adoptèrent en 1886 un mortier de campagne de 6 pouces (15 cm. 2).

Cependant, de 1880 à un peu au delà de 1900, c'est-à-dire jusqu'à la guerre de Mandchourie où les résultats ne lui ont pas paru favorables, l'artillerie lourde ne fait pas de grands progrès.

L'artillerie lourde de 1897 à 1912. — Mais en 1897 l'apparition de notre canon de campagne de 75, utilisant le recul du canon sur l'affût, permet d'entrevoir la possibilité de recourir à des dispositions analogues pour les gros calibres.

L'étude en est nécessairement longue et les premiers matériels sont peu satisfaisants : tel l'obusier allemand de 15 cm. de 1902.

En France, l'industrie construisait des pièces de gros calibres présentant les caractéristiques du canon de 75. Les Etablissements Schneider parvenaient à créer un système d'artillerie allant jusqu'aux plus gros calibres (canons de 105, 120, 150 ; obusiers de 105, 120, 150, 6 pouces, 8 pouces, 9 pouces, mortiers de 11 pouces ou 280 mm.), qui, dans les concours institués par les Gouvernements étrangers, où il s'est trouvé en présence des matériels Krupp, a fini par s'imposer, pour ensuite affirmer sa supériorité dans la dernière guerre des Balkans. Et, ainsi, nous voyons s'armer de ces matériels la Bulgarie, la Grèce, l'Italie, le Portugal[1], la Roumanie, la Russie et la Serbie.

Situation de l'artillerie lourde au moment de la déclaration de guerre. — Dès 1912, le 1/4 de l'effectif de l'artillerie allemande, le 1/3 de l'effectif de l'artillerie autrichienne étaient affectés à l'artillerie lourde.

En Allemagne, chaque corps d'armée disposait : de 16 obusiers de 15 cm. portant à 7.400 m., de 36 obusiers de 105 et de canons de 105 mm. portant à 10.500 m., et éventuellement de 8 mortiers de 21 cm. portant à 8.500 m.

Enfin des Etats secondaires, comme la Bulgarie, sont en possession d'obusiers de 120 et de 150.

En France, la question de l'artillerie lourde reste à l'étude, de sorte qu'au moment de l'entrée en campagne nos corps d'armée ne disposent d'aucune pièce d'artillerie, ni obusiers ni canons. Quant à l'artillerie lourde d'armée, elle

1. *Journal des Sciences militaires*, 15/7 et 19/8/13, 1/3/14.
Paloque : Artillerie de campagne. *Encyclopédie Scientifique*, Paris, Doin, 1909.
Buat : Artillerie de campagne. Paris, Alcan, 1911.
Général Maitrot : Les armées françaises et allemandes. Paris, Berger-Levrault, 1914.

2. C'est-à-dire lançant un projectile de 8 livres, de 12 livres.

1. Ferrus et Curey : Batterie automobile d'obusiers de 150. Paris, Berger-Levrault, 1904.

est réduite à 7 groupes de 3 batteries de 4 pièces, soit 21 batteries (pas même une par corps d'armée!) de canons Rimailho 155 T. R. d'une portée de 5.500 m., pouvant tirer 2 à 3 coups à la minute.

***

Il importe d'abord, pour mieux fixer les idées sur ce qu'implique d'avance de réalisation, d'organisation et de puissance, la dénomination même des matériels que nous nous proposons de décrire, de définir ce qu'il faut entendre par chacun des types dont l'ensemble constitue l'artillerie lourde de campagne.

L'artillerie lourde comprend un certain nombre de catégories de bouches à feu désignées sous le nom de : canons, obusiers, mortiers, lance-bombes.

Ces désignations, sauf la dernière qui date de la guerre actuelle, avaient autrefois une signification précise.

Le canon lançait en tir tendu un projectile plein avec une vitesse qui dépendait de la résistance maximum que pouvait offrir la pièce. Il tirait sous de petits angles inférieurs à 20°. L'obusier lançait un projectile creux, dit obus, renfermant un explosif muni d'un dispositif pour la mise de feu. Il était plus court que le canon et faisait un tir courbe sous des angles de 10 à 45°. Le mortier, plus court encore que l'obusier, lançait un projectile creux muni d'anses que l'on portait au rouge pour le tir. Aujourd'hui, toutes les bouches à feu lancent des projectiles analogues, que la nécessité de combattre les buts aériens fait tirer sous de grands angles. Elles ne diffèrent que par leur longueur d'âme, qui est supérieure à 20 ou 25 calibres pour les canons, 10 à 20 calibres pour les obusiers et inférieure à 10 calibres pour les mortiers.

Nous allons à présent passer à la description d'un matériel Schneider de chacun de ces types de bouches à feu, description qui fera ressortir l'homogénité, les caractéristiques de construction du système actuel de l'artillerie de campagne Schneider, dont les divers modèles, dans chacune des classes envisagées, ne diffèrent que par leurs calibres et des détails d'organisation répondant à des destinations spéciales.

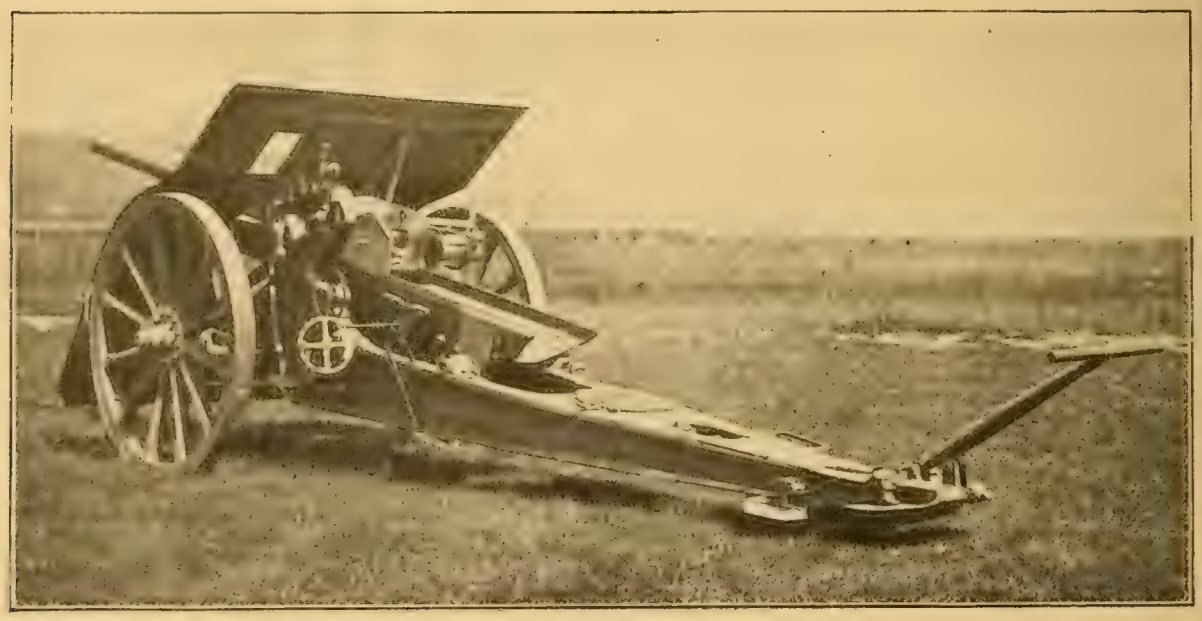


Fig. 1. — *Canon Schneider de 42''' de campagne en batterie, vu de gauche.*

Notre choix ne sera d'ailleurs pas arbitraire et portera sur des calibres qui nous permettront de montrer des dispositions différentes relatives au transport. C'est qu'en effet la mobilité du matériel est une affaire capitale, puisque c'est d'elle que dépend, pour les pièces d'artillerie, la possibilité d'arriver rapidement sur la ligne de feu et d'en être retirées en vue soit d'un retour à l'arrière soit d'une mise en batterie sur un nouveau point. Enfin la rapidité de mise en batterie elle-même dépend à son tour de l'organisation prévue pour la formation de route.

Nous nous arrêterons donc à la description des pièces de campagne suivantes :

Le canon de 42''' (106,7 mm.), dont le transport se fait en une seule voiture.

L'obusier de 8'' (203,2 mm.), comportant deux voitures à la formation de route.

Le mortier de 11'' (279,4 mm.), exigeant la formation d'un train de 5 voitures.

II. — Le canon Schneider de campagne de 42''' (106 mm. 7)

Ce matériel (fig. 1 à 3) a été étudié avec le souci de le doter à un haut point des qualités que doit s'efforcer d'atteindre une pièce de ce calibre pour pouvoir prolonger jusque sur les derrières de l'ennemi, c'est-à-dire jusqu'à une distance minimum de 10 km., les effets de l'artillerie ordinaire de campagne qui devient rapidement inefficace au delà de 4,5 à 5 km.

Il possède, en effet, des caractéristiques en apparence contradictoires, mais qui, nous l'avons vu, sont les conditions même d'existence et d'emploi de l'artillerie lourde : nous voulons dire la puissance et la mobilité.

Fig. 2. — *Canon Schneider de 42''' de campagne en batterie, vu de droite.*

Sa puissance efficace est définie par son tir, qui peut être exécuté avec précision à la cadence de 8 coups à la minute et lance un projectile de 16.380 kilogs à une vitesse initiale de 580 m. à une distance de 12.800 m. avec un angle de chute de 50°30 et une vitesse restante de 311 m.

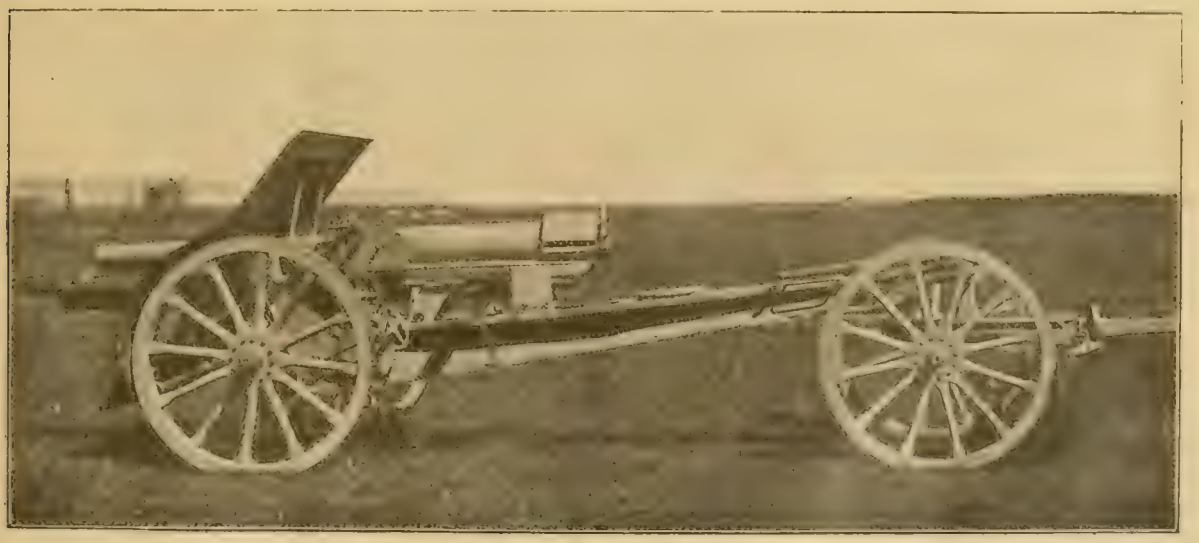


Fig. 3. — *Canon Schneider de 42''' de campagne en formation de route.*

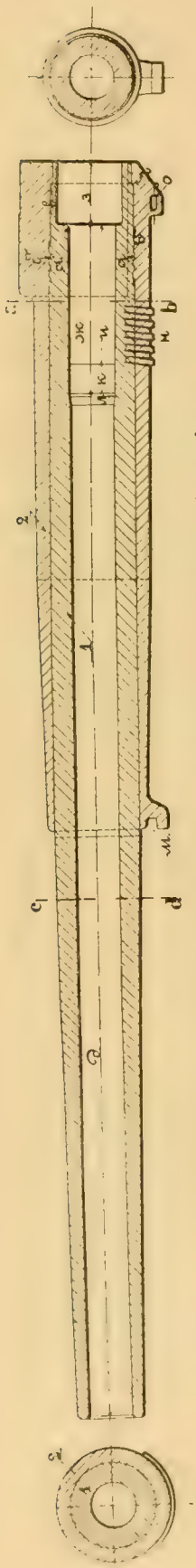


Fig. 4. — *Bouche à feu.* — A gauche, coupe suivant ab; à droite, coupe suivant cd.

Sa mobilité a pour mesure le poids de la pièce en batterie, qui est de 2.170 kilogs, et celui de la voiture-pièce (2.486 kilogs) en formation de route.

Avant de donner une description du matériel, il nous paraît convenable d'indiquer brièvement à quelles dispositions de son organisation sont dues les qualités essentielles que nous venons de rappeler.

L'utilisation d'une grande masse soumise sur l'affût à un long recul amorti par un frein hydraulique, l'emploi d'un récupérateur avec modérateur de rentrée en batterie et celui d'un système de pointage en direction spécial procurent au matériel une grande stabilité, qui influe sur la rapidité et la précision du tir. D'autre part, la simplicité de manœuvre de la culasse, les nombreuses sécurités dont est pourvu le mécanisme de fermeture, la protection dont jouissent les servants, en évitant les fausses manœuvres et permettant un service régulier sous le feu sont de nouveaux facteurs qui contribuent à augmenter la puissance et l'efficacité du tir.

Enfin, en raison du faible poids de la pièce, des dispositions simples et peu nombreuses prises pour la formation de route, les changements de front ou d'emplacement sont faciles. Quant aux changements d'objectifs dans le champ de tir de la pièce, ils sont rendus quasi instantanés par le coulissement de l'affût sur l'essieu.

Ce sont là des propriétés importantes de ce matériel, à la description duquel nous allons maintenant passer en signalant, dès maintenant, que la formation de route ne comprend qu'une seule voiture.

Le canon Schneider de 42^{m} de campagne comprend un certain nombre d'ensembles que nous passerons successivement en revue et qui sont :

La bouche à feu, le traîneau (renfermant le frein, le récupérateur et le modérateur de rentrée en batterie) dont la réunion constitue la masse reculante ;

Le berceau sur lequel s'opère le recul et qui, joint au système précédent, forme la partie oscillante;

L'affût sur lequel tourillonne le berceau;

Le mécanisme de pointage en hauteur reliant l'affût au berceau et commandant le tourillonnement de ce dernier;

Le mécanisme de pointage latéral provoquant le coulissement de l'affût sur l'essieu et son pivotement consécutif autour de la queue d'affût;

L'essieu et les roues, le masque protecteur;

L'appareil de visée.

Pour la formation de route, enfin, l'affût se relie à un avant-train par lequel nous terminerons.

§ 1. — Bouche à feu

La BOUCHE A FEU (fig. 4) est constituée par un tube 1 renforcé à l'arrière par un manchon 2.

Le *tube*, qui a 28 calibres de longueur, porte à l'arrière l'écrou de culasse 3 dont l'axe est excentré de 5 mm. par rapport à celui du canon. L'écrou est partagé en quatre secteurs, dont deux sont lisses, les deux autres filetés. L'arrière du tube abrite également les logements de divers dispositifs du mécanisme de culasse. L'âme se compose, d'arrière en avant[1] : de la chambre de chargement, légèrement conique, du cône de raccordement et de la partie rayée présentant 32 rayures à pas constant inclinées de 7°10 vers la droite[2].

Le *manchon* est vissé et épaulé à l'arrière sur le tube. Il est posé avec serrage diamétral.

L'arrière du manchon porte les oreilles du nœud de charnière du mécanisme de culasse.

Le MÉCANISME DE CULASSE (fig. 5 à 8) est du système Schneider *à vis excentrée et à filets interrompus.*

Il comporte un système de fermeture de la

1. La pièce étant en position de tir, l'avant se trouve vers la bouche; en position de route, au contraire, l'avant est constitué par la queue d'affût.

2. La droite de la pièce est à la droite d'un observateur placé du côté de la culasse et regardant la bouche.

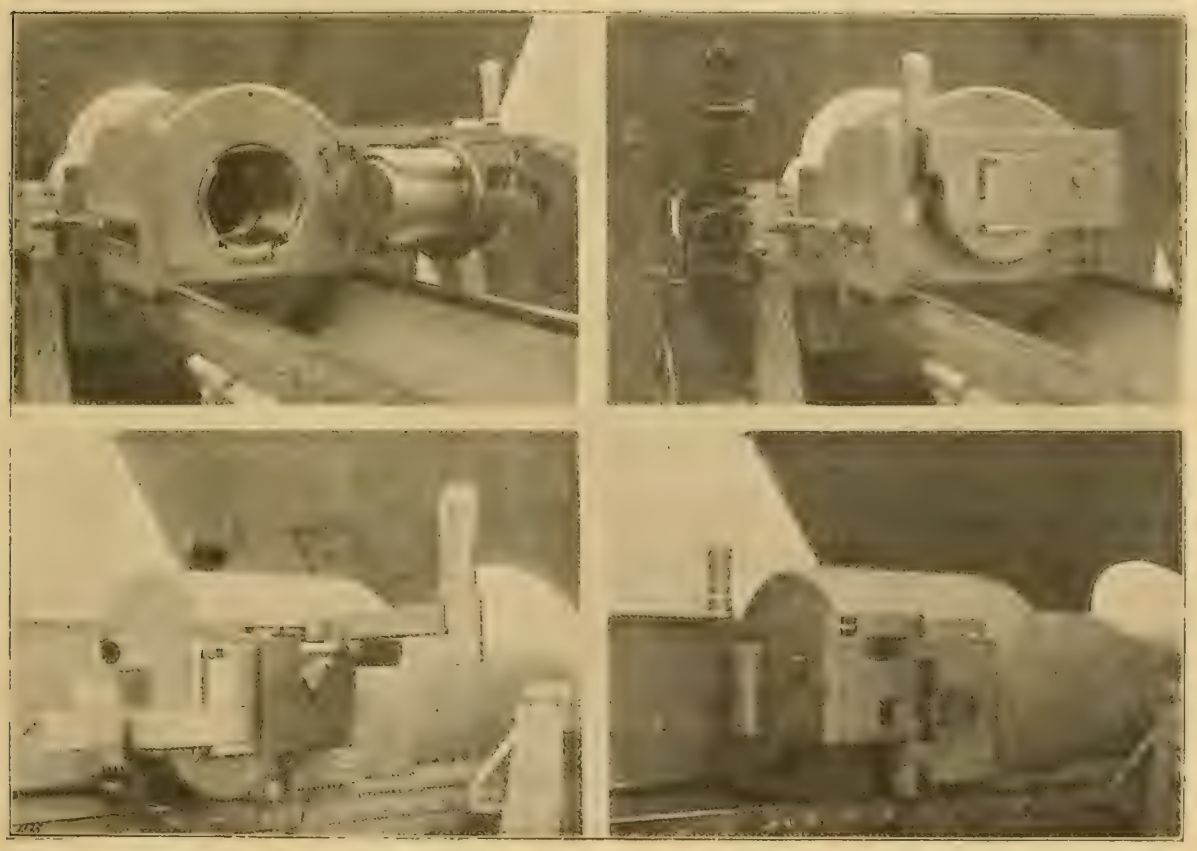
culasse, des dispositifs de chargement, de retenue de projectile, de percussion, d'extraction de la douille du projectile et enfin une sécurité contre les longs feux.

Le SYSTÈME DE FERMETURE est formé par une vis culasse, un volet portant à l'ouverture la vis culasse et pivotant autour d'un axe de charnière, un mécanisme de manœuvre.

La *vis culasse* 7 constitue un bloc cylindrique en acier à canon trempé, présentant extérieurement deux secteurs lisses et deux secteurs filetés. Les bords des secteurs filetés sont limités suivant des arcs de cercle dont le centre est sur l'axe de charnière; les secteurs lisses sont l'un dépouillé, l'autre à bords abattus, toutes dispositions qui permettent le dégagement de la vis de son écrou après dévirage, sans translation et par simple rotation autour de l'axe de charnière.

La vis culasse porte à l'arrière un filetage continu et à sa partie supérieure arrière une denture *e* par l'intermédiaire de laquelle elle reçoit de la crémaillère 18 son mouvement de rotation. Elle loge à l'avant avec une excentricité de 5 mm. le grain 32 du percuteur et à l'arrière suivant son axe le bossoir du volet.

Le *volet* 6 est maintenu entre les deux oreilles du nœud de charnière par l'axe de charnière. Il est formé d'un large plateau portant à droite un talon percé d'un œil de charnière et sur sa face avant un bossoir sur lequel repose et glisse la vis culasse. Le portage de cette dernière est, d'autre part, consolidé, à l'ouverture, par son vissage dans l'écrou que présente la même face avant du volet et dont les filets sont au même pas que ceux de l'écrou de culasse.



CULASSE OUVERTE CULASSE FERMÉE

Fig. 5. — *Culasse Schneider à vis excentrée et filets interrompus, à mise de feu à détente.*

Le MÉCANISME DE MANŒUVRE est formé d'un levier et d'une crémaillère.

Le *levier de manœuvre* 8, d'une seule pièce, se compose d'une branche horizontale coudée à angle droit et d'une branche verticale.

La branche horizontale reçoit à son extrémité gauche la poignée de manœuvre 12 renfermant un bonhomme à ressort agissant sur la douille de la poignée. Cette douille porte un bec d'accrochage à la fermeture sur le volet et une encoche logeant l'extrémité du bras d'un levier oscillant situé à l'intérieur de la branche

horizontale du levier de manœuvre. Ce levier est terminé à gauche par un bec d'accrochage, à

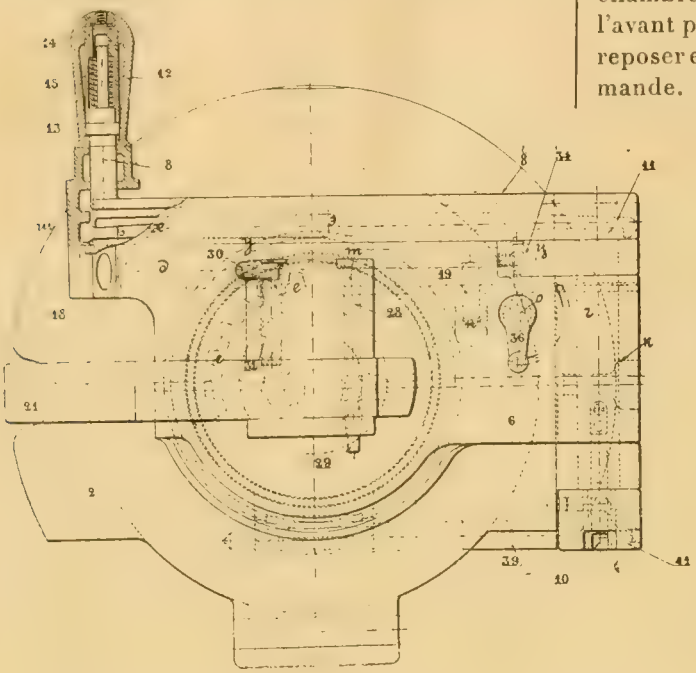


Fig. 6. — *Élévation du mécanisme de culasse vu d'arrière.*

l'ouverture, sur la bouche à feu. Sur la face inférieure de la branche horizontale du levier de manœuvre est enfin poussé un bouton de commande de la crémaillère 18.

La branche verticale du levier forme l'axe de charnière autour duquel tourne tout le système de fermeture. Elle porte une nervure engagée dans une rainure de l'œil du volet et est maintenue en place par un ressort plat à talon 10 fixé à sa partie inférieure.

La *crémaillère* 18 est logée à la partie supérieure du volet dans lequel elle peut coulisser sous l'action de son bouton d'entraînement; sa denture reste constamment en prise avec la denture arrière de la vis culasse. Un verrou, constitué par un bloc 19 constamment repoussé par un ressort 20 du fond d'un logement pratiqué dans le volet, peut s'engager dans un cran de la crémaillère.

Le DISPOSITIF DE CHARGEMENT est formé par une planchette 38 à surface cylindrique, logée à la partie inférieure de l'écrou de culasse. Elle est susceptible d'un mouvement de soulèvement ou d'abaissement, commandé par une bielle 40 calée sur un arbre transversal 39 logé dans la tranche arrière de la bouche à feu. L'extrémité droite de cet arbre est coudée à angle droit et porte un bouton assujetti à décrire une rainure tracée sur une came 41 enfilée sur l'extrémité inférieure de l'axe de charnière.

Dans sa position haute, la planchette de chargement continue vers l'arrière le parement de la chambre et est soutenue dans cette position à l'avant par un gradin sur lequel elle est venue reposer et à l'arrière par la tête de la bielle de commande. Dans sa position basse, la planchette repose au fond de son logement.

Le DISPOSITIF DE RETENUE DU PROJECTILE, destiné à empêcher le retour vers l'arrière des munitions entre le moment de l'introduction dans la chambre et celui de la fermeture de la culasse lorsque l'on tire sous de grands angles, se compose d'un verrou logé à la partie supérieure de l'écrou de culasse. Ce verrou, terminé à l'avant par un doigt 45 et à l'arrière par un talon limitateur de course, est monté sur un axe 44 logé à la partie supérieure arrière de la tranche de culasse. L'axe qui porte un tenon pouvant s'engager dans une mortaise du verrou est susceptible d'une translation vers la droite ou vers la gauche. A cet effet, son extrémité droite est terminée par un bec commandé par une rampe ménagée sur l'axe de charnière.

Le MÉCANISME DE PERCUSSION (fig. 9) est du système à détente et à répétition.

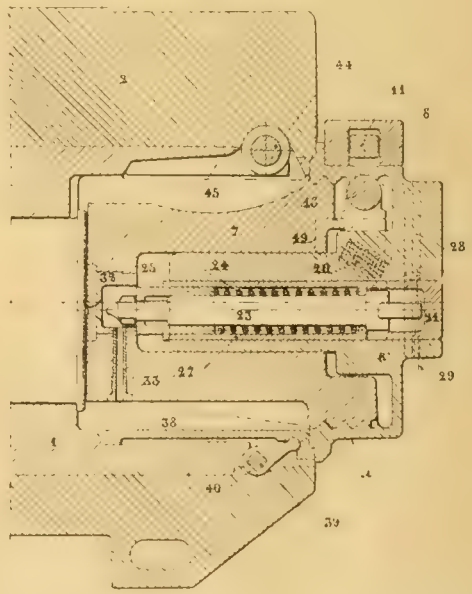


Fig. 7. — *Coupe verticale du mécanisme de culasse.*

Il se compose d'un percuteur et d'un levier d'armé du percuteur.

Le *percuteur* 23 est disposé dans le prolongement de l'axe du tube. La partie avant, formant la pointe percutante, est abritée à l'intérieur d'un

grain 32 vissé dans la vis ; l'arrière est cylindrique et installé dans une gaine 27 logée dans le bossoir avant du volet. La tête arrière du percuteur porte une gachette articulée munie d'un bec d'accrochage 26 sur le levier d'armé. Entre la gaine et le percuteur et entourant ce dernier, un ressort spiral tend à ramener constamment vers l'arrière le percuteur, en effaçant toute saillie de la pointe sur la tranche avant de la vis culasse. Ce ressort s'appuie à l'avant sur une bague d'appui, entraînée vers l'arrière par des adents du percuteur, et à l'arrière sur une butée de la gaine. La gaine 27 se termine à l'arrière par une rampe d'appui du galet du levier d'armé.

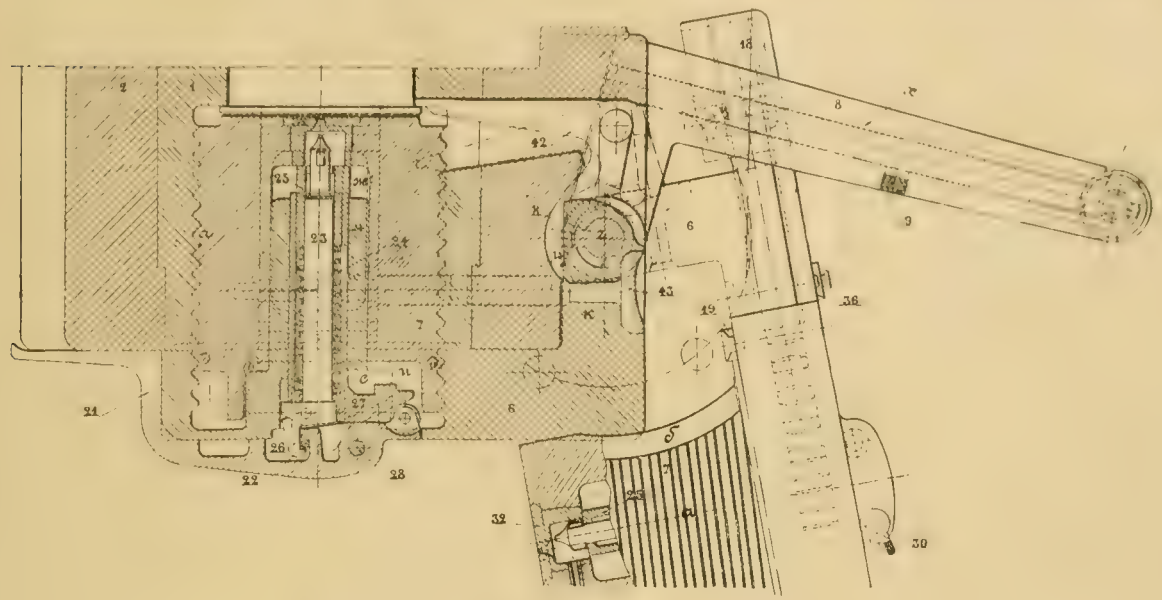


Fig. 8. — *Coupe horizontale du mécanisme de culasse.*

Le *levier d'armé* 21 est formé par une pièce de section rectangulaire articulée en 28 sur le volet. Il porte du côté droit un galet qui s'appuie sur la gaine du percuteur et se termine du côté gauche par un bec recevant commande de la tringle de mise en feu.

Le DISPOSITIF D'EXTRACTION est constitué par un extracteur et son heurtoir.

L'*extracteur* 42 (fig. 8) est logé dans l'écrou de culasse. C'est un simple doigt dont le bec se coince entre la tranche arrière de la chambre de chargement et le bourrelet de la douille. Il peut osciller autour d'un axe vertical constitué par les deux bossages à tourillons qu'il porte. L'extracteur est enfin muni de deux talons.

Le *heurtoir d'extracteur* 43 est une pièce rivée sur le volet, qui vient à l'ouverture frapper l'un des talons de l'extracteur pour le conduire ensuite dans sa course. Le profil du heurtoir est étudié de façon à provoquer une rotation accélérée au doigt de l'extracteur. Une rampe tracée sur le volet commande à la fermeture le deuxième talon.

La SÉCURITÉ CONTRE LES LONGS FEUX 34 est constituée par une masselotte ou bloc logé dans la tranche arrière du tube, qu'un ressort à boudin tend à repousser constamment du fond de son logement. Cette masselotte peut s'engager par

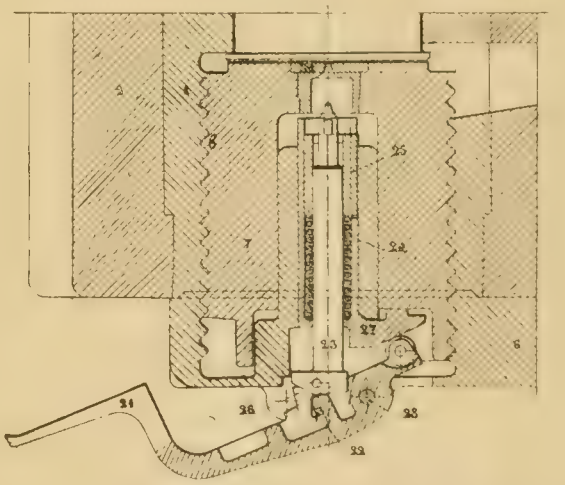


Fig. 9. — *Mécanisme de percussion, coupe horizontale.*

son talon dans une entaille de la crémaillère. Un deuxième ressort plat est disposé sur le flanc du bloc et peut en être écarté par une butée de la crémaillère.

Un dispositif spécial permet d'annuler l'action de cette sécurité en maintenant refoulé dans son

logement la masselotte. Le dispositif comprend logée dans le volet une came présentant une rampe hélicoïdale s'appuyant contre le talon du bloc. Sur cette came est montée à l'arrière une petite manivelle 36 susceptible d'être placée et fixée dans deux positions marquées « manœuvre » et « tir ».

§ 2. — **Fonctionnement du mécanisme de culasse**

Nous supposerons être à l'instant qui suit immédiatement la percussion.

Le coup est parti ou non.

1° *Déverrouillage de la culasse.* — Si le coup n'est pas parti, le bloc de la sécurité contre les longs feux est resté engagé dans son entaille de la crémaillère et, celle-ci étant immobilisée, l'ouverture ne peut être obtenue.

Dans ces conditions, ou bien le servant répète la percussion jusqu'au départ du coup, ou bien il annule (et forcément d'après un acte réfléchi ou sur ordre du chef de pièce) la sécurité contre les longs feux, en plaçant la manette dans sa position de « manœuvre ». L'ouverture de la culasse est dès ce moment possible.

Si le coup est parti, à l'instant du recul, par suite de son inertie, la masselotte de la sécurité contre les longs feux rentre dans son logement en comprimant son ressort et dégage la crémaillère. Repoussé aussitôt après par son ressort, le bloc tend à la verrouiller de nouveau, mais le réengagement est rendu impossible par le ressort plat qui, écarté du bloc avant le retrait du verrou, est venu s'appliquer contre son flanc et s'arc-boute sur la face avant de la crémaillère.

L'autorisation d'ouverture est donc automatiquement accordée par et seulement par le départ effectif du coup.

2° *Ouverture de la culasse.* — L'ouverture de la culasse s'effectue d'un seul mouvement de rotation du levier de manœuvre ramené brusquement de gauche à droite.

En saisissant la poignée, en appuyant sur la douille et attirant vivement à lui, le servant dégage le bec d'accrochage du levier sur le volet.

Dès lors, le levier peut obéir au mouvement de rotation qui lui est imprimé, et le bouton dont il est armé, réagissant sur la crémaillère, entraîne le coulissement de cette dernière. Cette translation a pour effet de provoquer le dévirage de la vis culasse, qui recule sur le bossage du volet et se visse dans ce dernier.

Les filets de la vis et de l'écrou de culasse sont complètement dégagés après un dévirage d'un quart de tour. A ce moment, la languette de l'axe de charnière venue au contact de l'un des bords de la rainure pratiquée dans l'œil du volet contraint le volet, et par lui la vis culasse, à prendre part à la rotation du levier de manœuvre. La vis se dégage alors de son écrou. Dès que le décollement du volet de la tranche arrière de la bouche à feu est amorcé, le verrou de crémaillère remonte et cale la crémaillère; enfin le verrou de sécurité contre les longs feux rebondit du fond de son logement.

Après une rotation de 65° du levier de manœuvre, le dévirage de la vis est complet.

A 101° la sortie de la vis est effectuée et la planchette de chargement, commandée par le doigt de son arbre, engagé dans une rainure de l'axe de charnière, commence à s'élever; le heurtoir d'extracteur frappe le talon de l'extracteur et éjecte la douille avec une force suffisante pour l'évacuer à plusieurs mètres.

Enfin à 166° l'ouverture de la culasse est achevée, la douille éjectée; l'ergot de l'axe du verrou de retenue du projectile ramené vers la droite quitte son logement; le verrou retombe, et, le servant abandonnant le levier de manœuvre, le bec du levier d'accrochage s'amarre sur l'accrochage à l'ouverture fixé sur la bouche à feu.

3° *Chargement.* — Pour charger, on lance la cartouche sur la planchette de chargement. On l'engage suffisamment pour que le verrou de retenue, qu'elle a soulevé, puisse retomber en arrière et sans se préoccuper de la pousser à fond. La vis culasse assure ensuite sans danger, comme on le verra, le rôle de refouloir.

4° *Fermeture de la culasse.* — Pour fermer la culasse, le servant, en appuyant sur la douille de la poignée du levier de manœuvre, dégage le bec du levier oscillant du tenon de verrouillage à l'ouverture et ramène ensuite vivement vers la gauche le levier de manœuvre.

Dans ce mouvement, la crémaillère, d'abord immobilisée par son verrou et soumise à l'action du levier, entraîne le volet et la vis culasse. Pendant ce temps, la rampe du volet, en agissant sur le deuxième talon de l'extracteur, repousse ce dernier vers l'avant et enfin la planchette de chargement commence à s'abaisser. Le mouvement de cette dernière est achevé quand la vis pénètre dans son écrou et rencontre le culot de la douille qu'elle repousse à sa position de chargement.

Dès que le volet vient enfin s'appliquer contre la tranche arrière de la culasse, le verrou de crémaillère est refoulé par ce contact au fond de son logement : la crémaillère, butée jusque-là, redevient libre. Elle coulisse alors dans le volet et ses dents, engrenant avec la denture arrière de la vis culasse, font tourner celle-ci dans l'écrou de

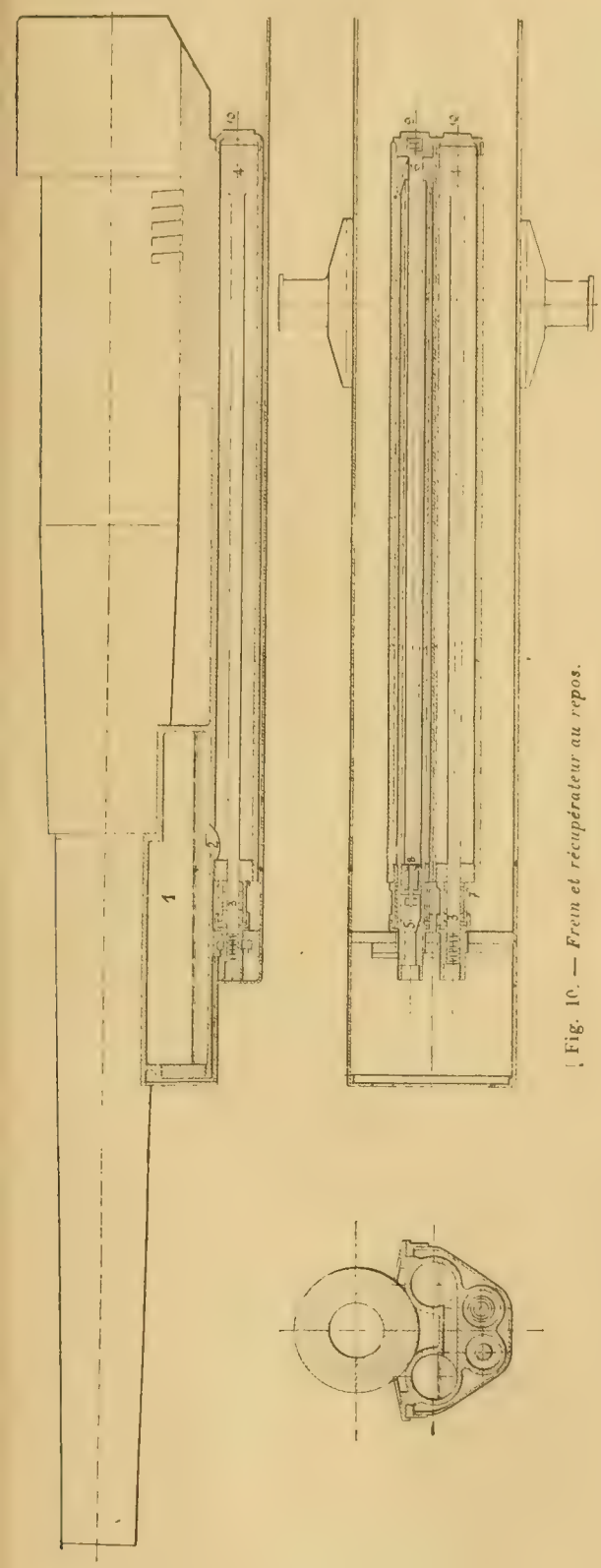


Fig. 10. — *Frein et récupérateur au repos.*

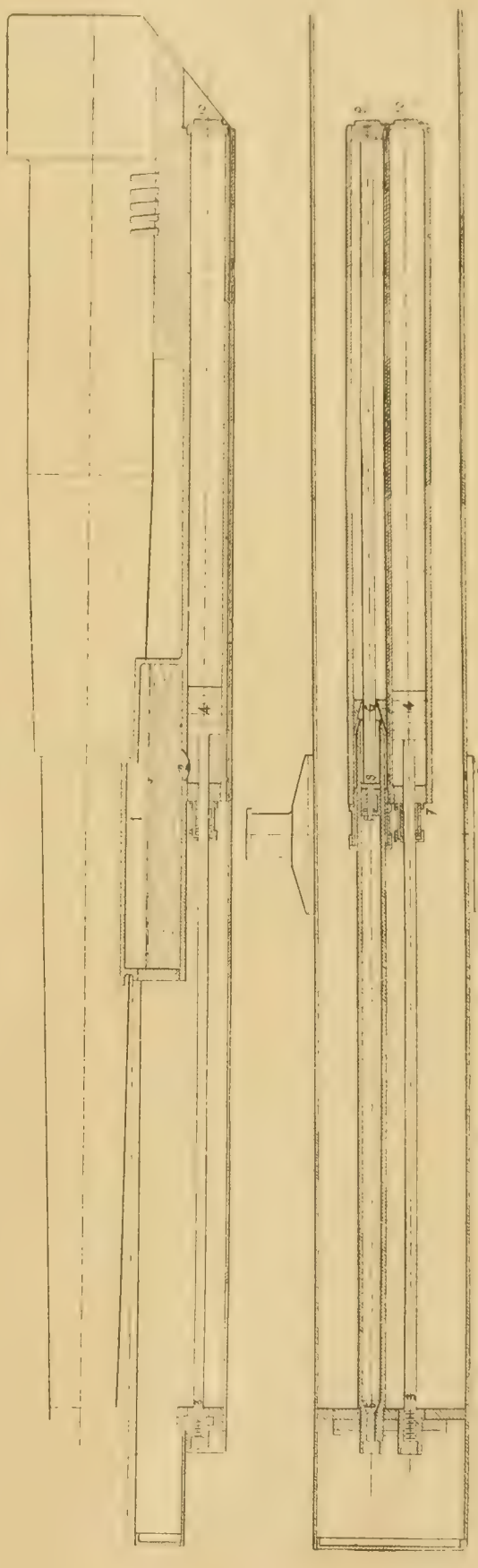


Fig. 11. — *Frein et récupérateur à la fin du recul.*

culasse. Avant l'expiration de cette période, le verrou de retenue, qui a déjà été relevé par la vis, est enclanché. L'axe du verrou s'est, en effet, déplacé vers la gauche et son tenon est venu s'engager dans la mortaise du verrou. Enfin, pendant sa translation, la crémaillère a d'abord écarté du bloc le ressort plat de la sécurité des longs feux, puis a refoulé la masselotte et a ensuite présenté son entaille dans laquelle s'est alors précipité le verrou. Dès ce moment, la culasse est verrouillée.

La poignée étant abandonnée, sa douille vient s'accrocher sur le volet et tout le système de fermeture se trouve immobilisé.

5° *Mise de feu.* — Pour mettre le feu, on exerce d'avant en arrière une traction sur la tringle de mise de feu dont il sera question plus loin. Un galet dont elle est munie vient frapper le levier d'armé de l'appareil de percussion.

Sous cette influence, le levier pivote autour de son axe; son galet refoule vers l'avant la gaine du percuteur, tandis que son bec accroche le percuteur, l'attire vers l'arrière et l'arme. Il en résulte un bandage du ressort qui a pour effet, au moment où, le mouvement du levier d'armé persistant, le percuteur se dégage de son accrochage, de produire une détente qui lance vers l'avant le percuteur sur l'étoupille. Dès la percussion produite et la poignée de la tringle de mise de feu abandonnée à l'instant de la sensation du déclic par le servant, le ressort ramène vers l'arrière le percuteur qui, s'accrochant à nouveau sur le levier d'armé, se trouve prêt pour une nouvelle répétition de la percussion.

* *

La culasse Schneider à vis excentrée et filets interrompus présente, comme on a pu s'en assurer, une grande simplicité de fonctionnement. Elle peut, ce qui est important en campagne, être par des manipulations simples démontée entièrement à la main sans l'aide d'aucun outil.

Elle offre sur la culasse à coin l'avantage d'un moindre encombrement, d'un plus faible poids et d'une résistance au déculassement plus grande en raison de la grande surface de portage de ses filets.

Elle possède de nombreuses sécurités de service que voici :

1° *Sécurité contre le dévirage de la culasse au départ du coup*, réalisée par l'accrochage du levier de manœuvre sur le volet, accrochage qui ne peut être annulé que par une pression sur la poignée, pression suivie immédiatement d'une traction.

2° *Sécurité contre les mises de feu prématurées par rupture de la pointe du percuteur* coincée dans sa lumière et faisant saillie sur la tranche avant de la vis. Elle résulte de l'excentricité du grain du percuteur, qui ne peut ainsi se présenter devant l'étoupille qu'après virage complet de la vis culasse.

3° *Sécurité contre la mise de feu avant fermeture de la culasse*, la vis culasse portant une échancrure qui n'est placée devant le levier d'armé que dans la position culasse fermée.

4° *Sécurité contre les longs feux*, interdisant comme on l'a vu l'ouverture de la culasse tant que le coup n'est pas parti, sécurité essentielle dans la précipitation d'un tir rapide, au milieu du fracas de la bataille.

5° *Sécurité de route*, composée d'une douille à tête moletée 30 dont l'extrémité à talon peut s'engager dans une entaille du levier d'armé du percuteur et prendre deux positions : l'une de tir, l'autre de route qui immobilise ce levier et rend impossible la mise de feu.

§ 3. — Le traîneau

La bouche à feu est reliée, pour constituer et augmenter la masse soumise au recul, à un bloc prismatique d'acier désigné sous le nom de *traîneau*. La liaison des deux pièces est assurée à l'arrière par des adents circulaires et un clavetage, vers le milieu du canon par une agrafe, de telle sorte que tout mouvement relatif est rendu impossible.

Le traîneau est pourvu de chaque côté de patins qui viennent embrasser les glissières du berceau pour guider le recul.

Dans la masse même du traîneau sont forés les logements du frein et du récupérateur.

Le *frein* (fig. 10 et 11), du type hydraulique, a pour objet de limiter et d'amortir le recul. Il est étudié de façon à produire à chaque instant un effort résistant égal au moment de stabilité de l'affût.

Il comprend un cylindre se mouvant par rapport à une tige et une tête de piston fixes et une contre-tige mobile.

Le cylindre, dont le logement est foré, nous l'avons dit, en pleine masse du traîneau, est disposé à la partie inférieure gauche et parallèlement à l'axe du traîneau. Il est fermé à l'arrière par un bouchon vissé 9, à l'avant par une garniture qui livre passage à la tige du piston. Il est complètement rempli d'eau glycérinée.

La tige 5 du piston est cylindrique, creuse et fixée sur l'entretoise avant du berceau. A son extrémité arrière, elle porte la tête du piston. Celle-ci est percée sur sa périphérie d'orifices convergents vers un conduit axial qui la traverse

entièrement et permet, avec un certain jeu, le passage de la contre-tige.

La contre-tige 6, fixée sur le fond arrière du cylindre, est logée à l'intérieur de la tige du piston. Sa section transversale est circulaire et croissante, d'arrière en avant, de manière à provoquer un étranglement calculé de l'écoulement de l'eau à travers le passage central de la tête du piston.

Fonctionnement du frein. — Au départ du coup a lieu le phénomène bien connu du recul, pendant lequel la bouche à feu et le traîneau lancés vers l'arrière glissent sur le berceau. Pendant ce déplacement, le liquide du frein, comprimé entre la face avant de la tête fixe du piston et l'arrière de la garniture du fond avant du cylindre, cherche à s'écouler. Les orifices de la tête de piston, continués par le passage central de la contre-tige, lui offrent la voie nécessaire pour venir occuper l'arrière du piston. Mais cette contre-tige étrangle progressivement la section d'écoulement suivant la loi signalée, en produisant une résistance au transvasement du liquide qui amortit et limite le recul à une valeur établie.

Lorsque le recul est terminé, le récupérateur, dont il sera question dans un instant, ramène la masse reculante vers sa position primitive, et le liquide, refoulé par le fond arrière du cylindre, reflue, par la même voie qu'il a empruntée pendant le recul, vers sa position première en avant de la tête de piston.

Le *récupérateur*, dont l'objet est de ramener après le recul le canon à sa position de tir, est complètement indépendant du frein. Il appartient au type hydropneumatique. Il comporte un cylindre fixe relativement à un piston et des réservoirs auxiliaires.

Le cylindre, comme celui du frein, est logé par forage dans la masse du traîneau, à droite et à la partie inférieure. Il est fermé à l'arrière par un bouchon vissé 10, à l'avant par une garniture à travers laquelle passe la tige cylindrique 3 du piston. La tête 4 de ce dernier est étanche et placée à l'extrémité arrière de la tige, dont l'extrémité avant est attachée sur l'entretoise avant du berceau.

Les réservoirs cylindriques 1, au nombre de deux, sont placés symétriquement à la partie supérieure avant du traîneau, parallèlement aux cylindres de frein et de récupérateur et sont obtenus comme ces derniers par forage en pleine masse du traîneau. Ils sont en communication entre eux par un conduit transversal débouchant dans un troisième petit réservoir et avec le cylindre récupérateur par la lumière 2.

Le cylindre, les canaux de communication et la moitié environ des réservoirs sont remplis d'eau glycérinée, au-dessus de laquelle règne dans les réservoirs une atmosphère d'air comprimé initialement à une pression déterminée.

Fonctionnement du récupérateur. — Au départ du coup et pendant le recul, le piston fixe chasse, dans les réservoirs où il produit une surcompression de l'air, le liquide renfermé dans le cylindre mobile. Le recul amorti par le frein, cet air se détend et fait refluer le liquide vers le cylindre. Le liquide, agissant alors par sa pression sur la face avant fixe du piston et sur le fond mobile avant du cylindre, ramène ce dernier et la masse reculante auquel il appartient à sa position d'avant recul.

La puissance de ce récupérateur est suffisante pour assurer la rentrée en batterie, quel que soit l'angle de tir, et vaincre les résistances additionnelles provenant du dépôt inévitable sur les glissières du berceau de poussières ou de corps étrangers ou de leur entretien négligé.

L'excès de puissance qu'il possède normalement produirait donc, dans bien des cas, des lancers vers l'avant que l'on a supprimés par l'adjonction d'un modérateur de rentrée en batterie.

Le *modérateur de rentrée en batterie* est constitué par une soupape de bout de contre-tige, deux rainures et des orifices de tige de piston.

La soupape 8 est fixée à l'extrémité avant de la contre-tige du frein : un ressort à boudin la maintient appliquée sur son siège. Elle intercepte ou ouvre la communication entre l'avant et l'arrière de l'intérieur de la tige de piston, qu'elle diaphragme en deux capacités.

Les rainures, au nombre de deux, sont tracées dans un plan méridien de la tige de piston. Elles sont creusées dans l'épaisseur de la paroi du côté interne. Leur largeur est constante, mais leur profondeur est variable et croît d'avant en arrière d'après une loi étudiée.

Les orifices de la tige de piston sont pratiquées à l'arrière et au voisinage immédiat de la tête.

Fonctionnement du modérateur. — Pendant le recul, le liquide du frein situé en avant du piston s'écoule en partie en arrière de celui-ci, tandis qu'une autre fraction remonte le long de la contre-tige entre cette dernière et la tige de piston. A l'extrémité de la contre-tige, le liquide soulève la soupape et vient occuper l'espace de la tige de piston que la contre-tige a évacué.

Dès que la rentrée en batterie s'amorce sous l'influence du récupérateur, la contre-tige, en rentrant dans son logement, comprime le liquide placé en avant de la soupape 8 et celle-ci vient s'appliquer sur son siège. A partir de ce moment, la rentrée de la contre-tige se poursuivant, ce

liquide qui tend à s'échapper ne peut plus refluer vers sa position primitive que par les deux rainures, dont la section d'écoulement de plus en plus étroite finit par s'annuler. La résistance qui en résulte modère la rentrée en batterie, laquelle s'effectue sans choc et sans lancer vers l'avant grâce au liquide emprisonné en avant de la soupape et formant tampon hydraulique.

Dans le récupérateur système Schneider, le ressort élastique que forme la masse d'air supprime les démontages longs et difficiles et, partant, l'immobilisation du matériel auquel donne lieu l'emploi des récupérateurs à ressorts. Il évite aussi la constitution d'un approvisionnement de rechange lourd et encombrant. Le réglage du récupérateur système Schneider peut enfin se faire sur le terrain même du combat à l'aide de la pompe à air existant dans les accessoires dont est muni chaque matériel ; son empattement réduit et sa disposition le protègent enfin, comme le frein, des coups de l'adversaire.

Le *berceau* est formé d'une simple tôle en acier emboutie en forme d'U et qui enveloppe le traîneau. Les parties supérieures des deux branches de l'U sont garnies de guides en T sur lesquelles repose et recule le système canon-traîneau par l'intermédiaire de glissières en bronze.

Trois entretoises en acier forgé renforcent la tôle du berceau. Celle de l'arrière porte de chaque côté le logement des verrous d'accrochage de route du berceau sur l'affût et du verrou d'immobilisation pour la route du traîneau sur le berceau. L'entretoise milieu porte les tourillons qui viennent se poser dans les sous-bandes de l'affût en permettant à tout le système canon-traîneau-berceau d'osciller autour d'un axe idéal : l'axe des tourillons. L'entretoise avant présente enfin le dispositif d'attelage des tiges du frein et du récupérateur dont nous parlerons plus bas à propos de la sécurité de mise de feu.

L'entretoise avant est protégée par une porte à charnières qui ferme le berceau à l'avant.

Le *mécanisme de mise de feu* est porté par le côté gauche du berceau. Il comporte un arbre muni d'un ressort de rappel vers l'avant, et garni à son extrémité arrière, d'un galet butoir qui vient frapper le levier d'armé de l'appareil de percussion. Le mouvement de cet arbre, qui est provoqué par l'action du pointeur agissant sur une poignée, se fait à l'intérieur d'une coulisse en bronze fixée sur une plaque de garde. Cette dernière est reliée au berceau et protège le pointeur lors du recul du canon.

A la commande de mise de feu est annexée une sécurité empêchant la mise de feu lorsque les tiges de frein et de récupérateur ne sont pas attelées sur l'entretoise avant du berceau, dételage qui doit s'opérer lors des manœuvres de formation de route.

A cet effet, l'entretoise avant présente une rainure dans laquelle glisse un volet qui peut dégager les écrous d'attelage des deux tiges. Pendant son coulissement, ce volet actionne un levier fixé au bout d'une tringle courant le long du côté gauche du berceau. Cette tringle commande à son tour, à l'aide d'un deuxième levier porté par son extrémité arrière, un doigt pouvant s'engager dans un logement de l'arbre de la commande de mise de feu. Celle-ci est donc immobilisée lorsque le volet est retiré et que les tiges de frein et de récupérateur ne sont plus attachées sur l'entretoise avant du berceau.

L'*affût* est formé par deux flasques en tôle formant les parois verticales d'un châssis cambré vers l'avant et s'effilant vers l'arrière. Les bords supérieurs et inférieurs des flasques sont rabattus horizontalement. Ces flasques sont reliés par des tôles de dessus et de dessous, et cet assemblage est consolidé vers le milieu par une entretoise rivée sur les quatre tôles. La tôle de dessus est évidée pour permettre le passage de la masse reculante à tous les angles de pointage. La tôle de dessous porte à l'avant une échancrure laissant passer le berceau, échancrure bordée par une entretoise de tête d'affût consolidant cette dernière et recevant une butée limitant la course du berceau au pointage négatif. La tête des flasques reçoit par l'intermédiaire de sous-bandes les tourillons du berceau sur lesquels se ferment des sus-bandes verrouillées par des axes à robinets. L'arrière de l'affût se termine par une crosse comprenant une bêche fixe et une bêche mobile.

La *bêche fixe* sert d'arc-boutement à la pièce dans les tirs en terrains rocheux ou contre-appui. Elle est constituée par un petit soc triangulaire fixé sur les flasques par deux pattes arrière entre lesquelles se loge un bloc portant la lunette d'accrochage de l'affût sur l'avant-train.

La *bêche mobile*, utilisée dans les tirs en terrain meuble, est formée d'un grand soc sur lequel sont rivés deux bras d'articulation autour d'un axe horizontal. La bêche mobile porte une échancrure qui épouse la bêche fixe. Elle peut occuper deux positions de tir, l'une inclinée de 20°, l'autre de 40° sur la verticale, et une position de route dans laquelle elle est rabattue sous la flèche.

La bêche est complétée par une large tôle d'appui sur le sol, sous laquelle est fixée la pièce d'appui de la flèche sur le contre-appui de l'avant-train.

L'affût porte les deux verrous d'accrochage de route du berceau, un siège pour le servant de culasse à droite, un siège pour le pointeur à gauche.

La queue d'affût reçoit enfin l'articulation à excentrement et à manivelle d'un levier de pointage formé d'un tube d'acier terminé à l'arrière par une traverse. Le levier est maintenu dans sa position de tir par un agrafage et dans la position de route est rabattu sur la flèche.

Le mécanisme de pointage en hauteur est à ligne de mire ordinaire. Il n'y avait pas lieu, en effet, de recourir ici à la réalisation plus compliquée de la ligne de mire indépendante[1], que n'auraient pas justifié l'emploi tactique de l'arme et la vitesse de tir qu'il est possible d'atteindre avec une pièce de ce calibre.

Le mécanisme de pointage en hauteur (fig. 12) comporte deux secteurs dentés 127 fixés au berceau, en prise chacun avec un pignon droit, montés sur un arbre porté par les flasques d'affût. Les centres des secteurs sont situés sur l'axe tourillon; leur rotation entraîne celle de toute la masse oscillante autour du même axe.

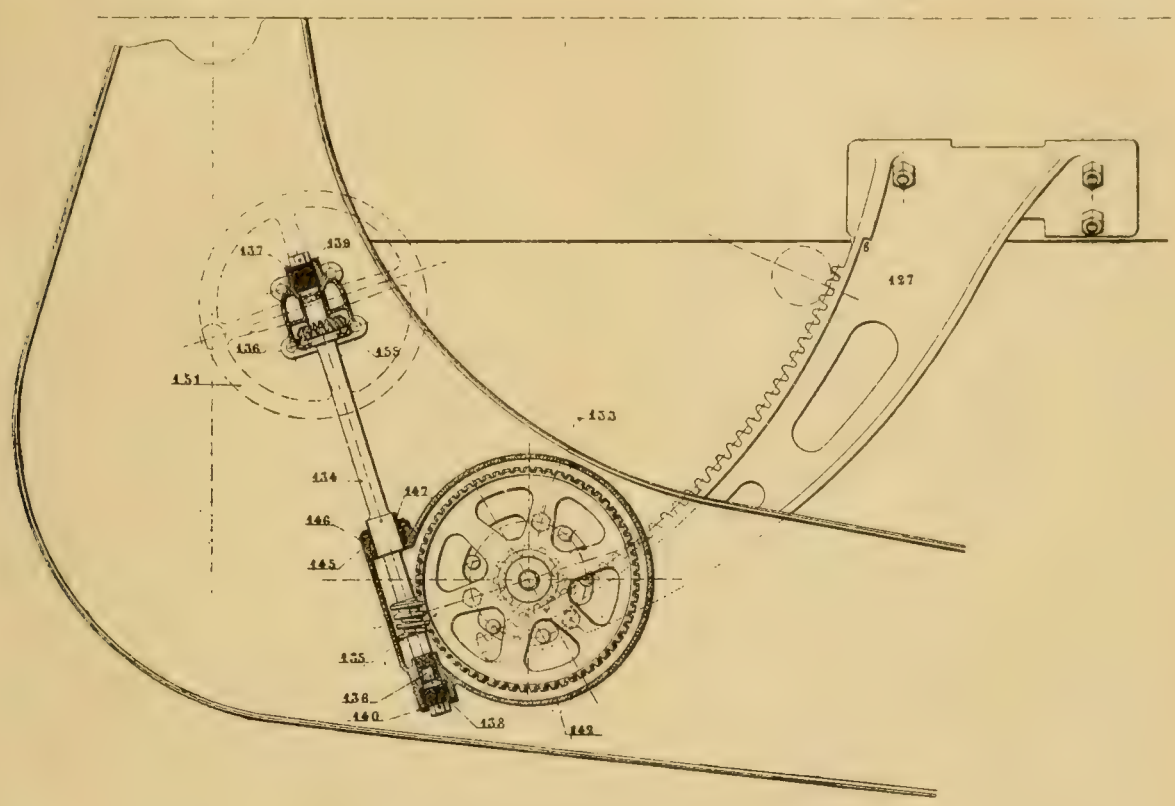


Fig. 12. — *Mécanisme de pointage en hauteur.*

A l'extrémité gauche de l'arbre à pignons est calée une roue hélicoïdale 133 engrenant avec une vis globique placée à l'extrémité inférieure d'un nouvel arbre 134, recevant à son autre extrémité un pignon conique engrenant avec un deuxième pignon taillé sur l'axe du volant de commande. Les engrenages sont protégés par des carters; le système est irréversible.

L'amplitude du mouvement de pointage est de 42° (— 5 à + 37°) et l'angle de projection est enregistré sur l'appareil de visée.

Le mécanisme de pointage en direction permet le coulissement de l'affût le long de l'essieu. Dans ce mouvement, l'affût pivote autour de la bêche de crosse et l'essieu se déplace légèrement, de façon à rester normal au plan de tir. Pour faciliter le déplacement de l'affût,

1. Nos lecteurs savent que le mécanisme à ligne de mire indépendante, qui fut une conception nouvelle sur le 75 de campagne français, consiste à pouvoir donner d'une façon indépendante, c'est-à-dire par deux servants spécialisés et simultanément ou non, l'angle de site et l'angle de tir. On sait aussi que l'angle de site (S) est l'angle que forme avec le plan horizontal l'axe de la bouche à feu lorsque le but est sur son prolongement, et que l'angle de tir (t) est celui que doit former avec cette dernière direction l'axe de la pièce pour pouvoir atteindre l'objectif. L'axe du canon a alors sur l'horizon l'inclinaison ($S + t$) qui est l'angle de projection.

t est fonction de la distance ou portée du but et est donné par les tables de tir. Il est pratiquement indépendant de S pour les valeurs de S inférieures à une certaine limite. Pour les valeurs supérieures, telles que celles atteintes dans le tir contre aéronef, t varie avec S et les tables de tir doivent en tenir compte.

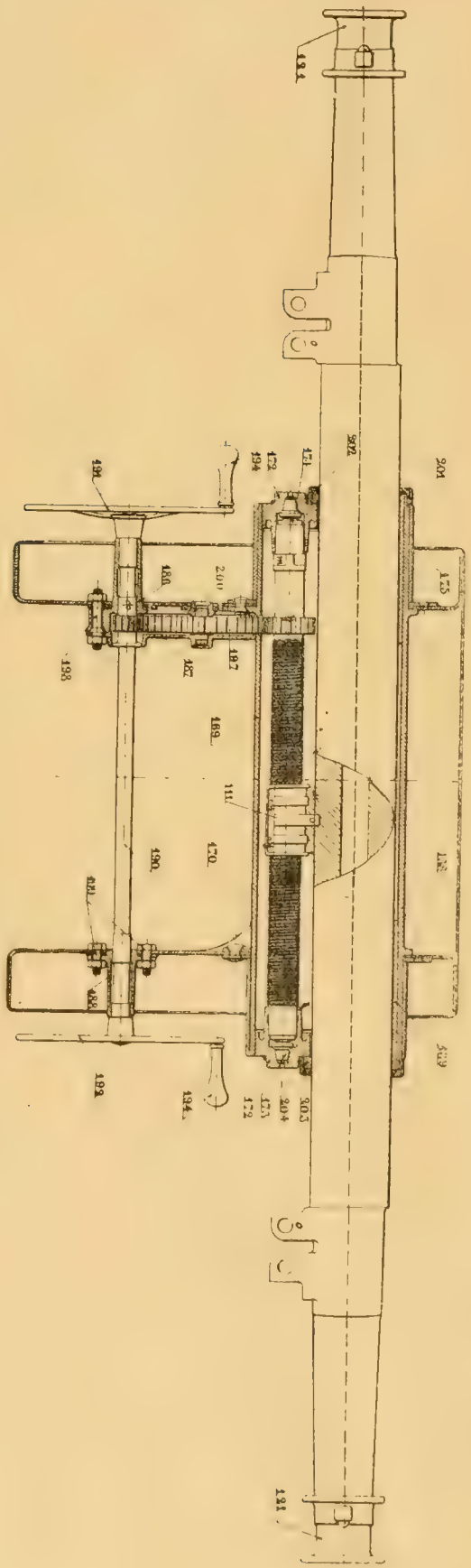


Fig. 13. — *Mécanisme de pointage en direction*

celui-ci repose sur l'essieu par deux galets et l'intermédiaire d'une suspension élastique.

Le mécanisme (fig. 13) comprend deux volants 194, un à droite, l'autre à gauche, montés aux extrémités d'un même arbre et commandant par un pignon et une roue un deuxième pignon droit taillé sur le corps d'une vis sans fin 170 disposée parallèlement à l'essieu. L'écrou 111 de cette vis est encastré dans un bossage arrière de l'essieu.

Le coulissement de l'affût sur l'essieu est limité par des butées, et sa position est à chaque instant indiquée sur une réglette graduée fixée sur l'essieu même.

L'amplitude du mouvement de pointage est de 3° à droite et à gauche.

Tous les engrenages sont encore protégés par des boîtes et la commande est irréversible.

Le mouvement de pointage latéral comporte un verrouillage de route.

L'*essieu*, en acier spécial, est cylindrique dans sa partie médiane. Il se termine aux extrémités par des fusées tronconiques dont l'axe est légèrement incliné par rapport à celui de la partie milieu. Il est foré sur toute sa longueur et porte en son milieu l'écrou de la vis de pointage latéral. Il est protégé en même temps que la vis de pointage par une boîte constituée par l'entretoise avant l'affût et rivée sur les flasques. Cette entretoise est garnie à ses extrémités de rondelles en cuir qui balaient et débarrassent l'essieu des poussières qui gêneraient le coulissement de l'affût.

Les *roues* se composent d'une jante en bois de grand diamètre cerclée en acier. Cette jante est réunie par 12 rais en bois à un moyeu en acier garni en bronze. Les rais sont assemblés sur la jante par des sabots en acier, sur l'essieu par deux disques qui emprisonnent leurs extrémités accolées jointivement et que des boulons de serrage traversent ainsi que les disques.

Le *masque* est en tôle d'acier de qualité spéciale. Il comprend deux parties : un bouclier mobile et un autre fixe. Le bouclier fixe, de forme rectangulaire, est percé au centre d'une grande ouverture pour le passage de la bouche à feu à tous les angles de pointage. Il est fixé à l'essieu par deux supports.

Le bouclier mobile est solidaire de l'affût sur la tête duquel il est fixé. Il porte une grande ouverture qui livre passage à la partie oscillante et est percé d'une fenêtre de visée que peut fermer un volet.

L'ensemble des deux boucliers assure une protection continue d'une roue à l'autre à partir de

0,450 mètre du sol jusqu'à une hauteur de 1, 75 m.

L'*appareil de visée* est fixé sur le tourillon gauche d'une part et de l'autre sur le côté gauche du berceau. Il participe ainsi au tourillonnement de la masse oscillante. Il comprend :

Un dispositif pour la correction de l'inclinaison des tourillons ;

Un dispositif pour les angles de site ;

Un dispositif pour les angles de tir ;

Une lunette panoramique pour la visée munie de deux goniomètres : l'un pour la mesure des angles zénitaux ou de site, l'autre pour la mesure des angles azimutaux, les fronts et les dérives, et est enfin accompagnée d'un viseur chercheur.

Nous décrirons l'ensemble et l'organisation de cet appareil à propos d'un des matériels suivants, en nous bornant à indiquer ici le rôle de chacun de ses dispositifs.

Le *dispositif de correction d'inclinaison des tourillons* a pour objet de ramener le plan de visée dans le plan vertical lorsqu'il en est écarté par suite de l'installation du matériel sur un terrain où les deux roues présentent l'une par rapport à l'autre une dénivellation qui fait que l'axe des tourillons n'est plus horizontal et que l'axe optique de la lunette, qui lui est perpendiculaire par construction, est sorti du plan vertical.

Le *dispositif des angles de site* permet, en ramenant la bulle d'un niveau entre ses repères, de donner par rapport au plan horizontal à l'axe du canon, et à l'aide du mécanisme de pointage en hauteur, un mouvement de rotation d'amplitude égale à l'angle de site du but.

Le *dispositif des angles de tir*, grâce au même niveau et au même mécanisme de pointage, permet encore de faire tourillonner la bouche à feu d'un angle égal à celui qui, d'après les tables de tir, correspond à la portée du but. Ces deux rotations s'ajoutent algébriquement et constituent le pointage en hauteur.

La lunette panoramique permet à son tour le pointage en direction. Elle autorise d'abord le choix d'un repère quelconque pris dans un azimut compris entre 0 et 360° et dont le site reste compris entre 0 et ±300 millièmes[1]. A l'aide du mécanisme de pointage latéral, elle permet ensuite de donner à l'ouverture du dièdre formé par le plan vertical contenant l'axe du canon et le plan azimutal du repère une valeur égale à celle commandée, qui est d'ailleurs l'ouverture du dièdre formé par les deux plans azimutaux du but et du repère corrigé des corrections du jour.

§ 4. — L'avant-train d'affût

Pour la route, la pièce est reliée à un avant-train d'affût qui ne porte pas de munitions.

L'avant-train se compose d'un châssis, d'un essieu avec deux roues et d'un attelage.

Le *châssis* est formé d'un armon central fait de deux flasques en tôle d'acier emboutie, réunis par des tôles de dessus et de dessous et deux entretoises. Il est complété à l'avant par une traverse et sur les côtés par des tirants.

L'armon central porte à l'arrière la cheville ouvrière, que coiffe la lunette de crosse, et le contre-appui sur lequel vient porter la pièce d'appui rivée à l'arrière de la flèche d'affût.

L'essieu est réuni au châssis par deux brides et est encastré dans les tirants latéraux de l'avant-train. Il est formé de trois parties : celle du milieu est faite d'un tube cylindrique d'acier et les deux autres d'une pièce forée formant fusées.

Les roues sont analogues aux roues d'affût.

L'attelage est à timon, avec volée de bout de timon, et palonniers. Des liaisons élastiques réunissent l'attelage à l'avant-train pour supprimer les effets des chocs et les chances de rupture.

§ 5. — Formation de route

La simplicité et le nombre réduit des manœuvres de formation de route constituent un facteur important dans la rapidité de changement d'emplacement, d'entrée en action ou de retrait de la ligne de feu.

Nous devons donc attirer l'attention sur la solution qui a été donnée ici à cette question capitale.

---

1. On n'ignore pas que l'on doit à l'artillerie française l'introduction d'une nouvelle unité d'angle, le millième, qui a marqué un grand progrès.

Le millième équivaut à :

$$\text{arc tg } 0{,}001 = 3'26''$$

et son importance pratique s'aperçoit alors immédiatement en disant qu'il est l'angle sous lequel on voit une grandeur de 1 m. placée à une distance de 1000 m. Par suite, un objectif d'une longueur x m., aperçu sous un angle de y millièmes, se trouve situé à une distance $d = \frac{100x}{y}$ mètres de l'observateur. Tout l'intérêt du millième réside dans le bénéfice que l'on peut retirer de cette relation.

On a : $\text{arc tg } 0{,}001 = \text{arc } 0{,}001 = \frac{1}{1000} = \frac{\text{Circonf.}}{2\pi.1000}$

$= \frac{1}{6280}$ de circonférence.

L'artillerie française a admis la relation $\text{arc tg } 0{,}001 = \frac{1}{6400}$ de circonférence, qui constitue la définition du millième pratique valant 3'2''. L'artillerie russe a pris $\text{arc tg } 0{,}001 = \frac{1}{6200}$ de circonférence.

Il est plus avantageux d'adopter 6400 en raison du grand nombre de ses diviseurs.

La formation de route comprend seulement, sur ce matériel, le DÉTELAGE des tiges de frein et de récupérateur pourvu, comme on sait, d'une sécurité de mise de feu, le RECUL EXÉCUTÉ A BRAS de la masse reculante pour donner lieu à une meilleure répartition des poids sur les roues d'affût et d'avant-train, les VERROUILLAGES du berceau sur l'affût, du traîneau sur le berceau, du pointage latéral, le RABATTEMENT de la bêche mobile sur l'affût, et enfin le COIFFAGE de la cheville d'avant-train par la lunette de crosse.

Toutes ces opérations sont très simples et peuvent être simultanément effectuées.

La description qui vient d'être donnée du matériel Schneider de 42''' a déjà permis de s'assurer de quelle façon soignée a été étudiée son organisation. Pour en achever la connaissance, nous en donnerons quelques caractéristiques numériques qui préciseront davantage les qualités qui lui ont été reconnues et que la dure expérience de la guerre a confirmées.

RENSEIGNEMENTS NUMÉRIQUES
sur le canon Schneider de 42''' de campagne

DONNÉES GÉNÉRALES

Calibre	mm.	106,7
Poids du projectile	kg.	16,380
Vitesse initiale	m.	580
Portée maximum à l'angle de 37°	m.	12.800

BOUCHE A FEU

Puissance vive à la bouche	tm.	280,8
Rendement par kg. de la bouche à feu	kgm.	333,2
— — de la pièce en batterie	—	129,3
Longueur totale du canon	mm.	2.987
— — —	calibre	28
Nombre de rayures		32

AFFUT

Hauteur de la ligne	de feu	mm.	1.220
	de visée	—	1.285
	de genouillère	—	1.185
Amplitude du pointage	en hauteur — négatif	deg. sex.	5
	en hauteur — positif	—	37
	en direction — à droite	—	3
	en direction — à gauche	—	3

POIDS

Pièce

De la bouche à feu sans fermeture	kg.	803	
De la fermeture de culasse	—	40	
Du traîneau reculant	—	287	
Du berceau complet	—	247	
De l'affût sans roues ni masque	—	495	
Des deux roues	—	200	
Du masque (épaisseur 4 mm). et des supports	—	100	
Poids total de la pièce en batterie	—		2.172

Voiture-Pièce

Poids de l'arrière-train (composé de la pièce en batterie)	kg.	2 172	
Poids de l'avant-train complet	—	314	
Poids total de la voiture-pièce	—		2.486

C' X.

(*A suivre.*)

LA FABRICATION DES AMPOULES RADIOLOGIQUES

DURANT LA GUERRE

Au commencement de la guerre, le Service de santé de l'Armée française fut pris au dépourvu pour installer des laboratoires radiologiques dans les formations sanitaires qu'il dut improviser à la hâte. Le matériel nécessaire et en particulier les *ampoules à rayons X* manquèrent dès les premiers mois, car, dans notre pays, deux usines seulement se livraient à cette délicate fabrication : la Maison Thurneyssen, qui s'attachait surtout à produire des modèles de faible puissance, et les Etablissements Pilon, réputés principalement pour leurs tubes intensifs. Par l'importance et la perfection de leur outillage, ces derniers pouvaient rivaliser avec la plus grosse firme allemande de cette spécialité. L'Administration militaire para aux premiers besoins, en réquisitionnant les ampoules à rayons X qui se trouvaient en magasin chez divers constructeurs, mais ce stock se montra notoirement insuffisant devant la création de nombreux postes radiologiques.

Pour remédier à cette situation, on remit en route, dès les premiers jours d'août 1914, la maison Thurneyssen, dont on confia la direction à M. Villard, membre de l'Académie des Sciences, M. Thurneyssen ayant préféré rester à l'armée comme capitaine d'artillerie de réserve. Quelques mois plus tard, le Service de santé fit revenir du front M. Pilon, afin qu'il pût rouvrir son

usine fermée depuis la mobilisation. De leur côté, MM. Appert frères, de Clichy, guidés par M. Matignon, professeur au Collège de France, réussirent à reconstituer le fameux verre dit « de Thuringe », utilisé pour la construction des tubes à rayons X. Il y a lieu de signaler l'effort de cette importante verrerie, qui put, malgré de multiples difficultés d'ordre économique et technique, mettre au point, en quelques jours, une fabrication aussi délicate. La réalisation d'un verre déterminé est, en effet, chose aisée dans un laboratoire, mais il en va tout autrement de sa production industrielle, comme le fit remarquer récemment le maître-souffleur M. Berlemont dans une très intéressante conférence sur la verrerie scientifique.

Actuellement, sous le rapport radiologique, l'armée française est aussi favorisée que les empires du centre. Non seulement notre Service de santé peut s'approvisionner des tubes dont il a besoin, mais l'industrie française en fournit même aux ambulances et aux hôpitaux de nos alliés. Il nous paraît donc intéressant de décrire les opérations successives que nécessite la fabrication des ampoules. Rappelons toutefois auparavant certaines notions sur le fonctionnement et la constitution de ces délicats appareils.

I

Une *ampoule* ou *tube à rayons X* se compose d'une boule de verre portant deux électrodes métalliques : l'une, la *cathode*, se relie au pôle négatif de la source électrique, l'autre, l'*anode* ou *anticathode*, au pôle positif. Le vide a été poussé dans cette enceinte à un degré très élevé, en tenant compte cependant qu'un certain nombre de molécules gazeuses doivent toujours subsister dans l'ampoule pour qu'elle puisse fonctionner. Lors de la décharge, il se crée une attraction des molécules gazeuses vers la cathode : c'est l'*afflux cathodique* qui donne alors naissance au faisceau cathodique. Ce dernier, quittant normalement la cathode, par rapport à sa surface, va rencontrer le miroir anticathodique avec une vitesse de quelques 100.000 kilomètres à l'heure et y provoque la formation de nouvelles radiations : les mystérieux *rayons X*, découverts par Röntgen.

Généralement, la cathode d'un tube radiologique ordinaire est constituée par un miroir concave afin de centrer le faisceau cathodique, au même titre que des rayons lumineux, sur un seul point de l'anticathode, pour obtenir une émission punctiforme et par conséquent la netteté des images radiographiqnes. Ce bombardement intensif provoque sur l'anticathode une chaleur très considérable, puisque la plus grande partie de l'énergie électrique s'est transformée en chaleur. On admet, en effet, que, dans un tube ordinaire, à peine 1/1.500 de l'énergie se mue en rayons X. D'autre part, afin de satisfaire à tous les desiderata de la pratique, les inventeurs s'efforcèrent d'élever dans de notables proportions la quantité des rayons produits par l'ampoule, de façon à réduire les temps de pose en radiographie ou en radiothérapie, et d'augmenter, en radioscopie, la luminosité de l'écran fluorescent — ce qui revient, en définitive, à accroître la puissance des décharges électriques. Mais il faut alors que l'anticathode puisse supporter des courants très intenses. Aussi les récents perfectionnements des ampoules portèrent sur la structure de cet organe et ses modes de refroidissement. Pour accroître la résistance de l'anticathode, on choisit des métaux à point de fusion très élevé (platine, iridium, et surtout tungstène); pour qu'elle résiste au choc cathodique, on lui donne une masse assez considérable et on la refroidit soit avec l'eau, soit par l'air, afin d'obtenir la rapide absorption de la chaleur dégagée.

Le dernier progrès dans cette voie fut réalisé en 1914 par l'américain Coolidge [1], qui imagina des tubes où règne un vide aussi parfait que possible (1/100e de micron) — vide assez élevé pour que les molécules gazeuses n'aient plus aucune action électrique. Le fonctionnement de l'appareil dépend alors uniquement de l'échauffement d'un petit filament de tungstène servant de cathode. Plus celle-ci s'échauffera, plus elle produira d'électrons capables de véhiculer la charge électrique, donc plus le tube pourra supporter d'ampérage. D'autre part, la vitesse de ces électrons étant régie par la différence de potentiel aux bornes, plus celle-ci deviendra grande, plus les véhicules auront de vitesse et plus les rayons X seront pénétrants. Il en résulte qu'à l'inverse des tubes ordinaires, l'opérateur commande à volonté, dans l'ampoule Coolidge, la quantité des rayons et leur pouvoir de pénétration.

II

Ces données acquises, assistons à la fabrication des ampoules radiologiques construites actuellement pour l'armée française dans les Établissements Pilon d'Asnières (Seine). Occupons-nous d'abord des pièces métalliques.

La cathode, constituée par de l'aluminium pur, forme une espèce de réflecteur concave dont on

1. E. COUSTET : *L'ampoule à rayons X de Coolidge. Revue générale des Sciences*, t. XXVI, n° 11, p. 326-7 (15 juin 1915).

calcule le rayon de courbure suivant la dimension du tube, la masse et la forme, et selon le travail qu'elle aura à fournir. Dans les tubes à miroir anticathodique en métal peu résistant (nickel ou nickel platiné), on a tendance à faire converger le faisceau cathodique pour obtenir un point d'impact large, ce qui donne des épreuves radiographiques floues, puisque les rayons sont émis d'un plus grand nombre de centres. Aussi, dans les ampoules, on adopte maintenant des miroirs en tungstène qui fond à très haute température (3200°) et permet de centrer le faisceau en un point d'impact tout à fait punctiforme. Toutefois le miroir de tungstène est enchassé dans une anticathode en cuivre rouge, qui, s'échauffant en même temps que ce dernier, absorbe la chaleur et la transmet à un réservoir d'eau qui l'élimine ensuite dans l'air.

Cette anticathode se fabrique dans l'atelier de mécanique. On sectionne une barre de cuivre en morceaux de longueur convenable, dans lesquels on ménage ensuite un logement pour le tungstène. Après avoir placé le miroir dans son alvéole et soumis l'ensemble à un traitement thermique dans un four à gaz, on comprime à la presse hydraulique (fig. 1). L'adhérence des métaux formant masse anticathodique devient parfaite; en outre, cette compression, à grande puissance, dans un gabarit spécial, communique au cuivre une forte homogénéité.

Une fois le métal comprimé et le miroir anticathodique en tungstène ajusté et soudé, on tourne la pièce pour lui donner le diamètre voulu, puis on la perce dans le sens de sa profondeur, afin qu'elle puisse recevoir plus tard le tube servant de fond au réservoir et on soude, sur son épaulement, un collet de platine qui permettra de la réunir ultérieurement au verre. On ajuste alors le tube de cristal qui prolongera l'anticathode, on la polit, puis on la monte sur une électrode dans laquelle on fait le vide afin de constater s'il n'y a aucune fuite soit à travers les soudures, soit à travers la réunion du cristal au platine. Après un essai de trois jours environ, on confie cette pièce au magasin, où elle reste quelque temps avant son emploi. Quant à la cathode

Fig. 1. — *Compression du miroir anticathodique de tungstène dans son alvéole de cuivre au moyen de la presse hydraulique.*

Fig. 2. — *Atelier de soufflage des ampoules.*

Fig. 3. — *Salle des pompes à vide.*

en aluminium, elle se fait au tour. Notons, du reste, qu'à leur réception les barres en cuivre rouge ou en aluminium subissent un rapide essai chimique pour constater leur pureté et voyons les ouvriers en train de travailler des ballons constitués par une boule de verre munie d'un col qui deviendra plus tard le col de cathode. Suivant le modèle du tube, ils placent

Fig. 4. — *Salle souterraine pour les études et essais radiologiques.*

une série de mesures électriques à titre de confirmation.

Le compresseur qui fournit l'air comprimé dans toute l'usine et la pompe qui y distribue également le vide préalable sous une dépression de 1/10 de mm. de mercure avec une très grande vitesse d'aspiration se trouvent dans le même atelier que le transformateur électrique qui produit différentes sortes de courants, alternatif et continu, sous tous voltages.

Les pièces métalliques, constituées et essayées, passent au soufflage. Dans cet atelier (fig. 2), nous un certain nombre d'appendices, l'un qui tiendra l'anticathode, l'autre qui supportera l'anode, l'autre le régulateur. Ces opérations délicates et complexes exigent des souffleurs très habiles qui vérifient, au moyen de gabarits, le centrage de l'anticathode et la disposition respective de la cathode. Quand les pièces métalliques sont placées sur l'ampoule de verre, on établit un vide préalable, condition dans laquelle le tube reste pendant plusieurs jours, afin de contrôler s'il ne se produit aucune fuite, ni aucune avarie.

Après cette vérification, l'ampoule arrive à la

salle des pompes (fig. 3). Là, on la soude au moyen d'un appendice, en général dans le prolongement du régulateur, sur une pompe à mercure dont le vide préalable s'effectue par la pompe centrale dont nous parlions plus haut. En cas d'accident à celle-ci, on utilise des pompes à vide auxiliaires, toujours prêtes à fonctionner.

Un poste de pompage comprend un appareil la pompe au moyen d'un chalumeau qui rétrécit la canalisation de verre au ras de l'ampoule.

Remarquons, dans la salle de pompage, les moyens de protection très énergiques employés, afin d'éviter au personnel les moindres attaques par les rayons X. Chaque poste est entouré d'une sorte de cabine de bois recouvert de part et d'autre par une feuille de 5 mm. de plomb, soit un

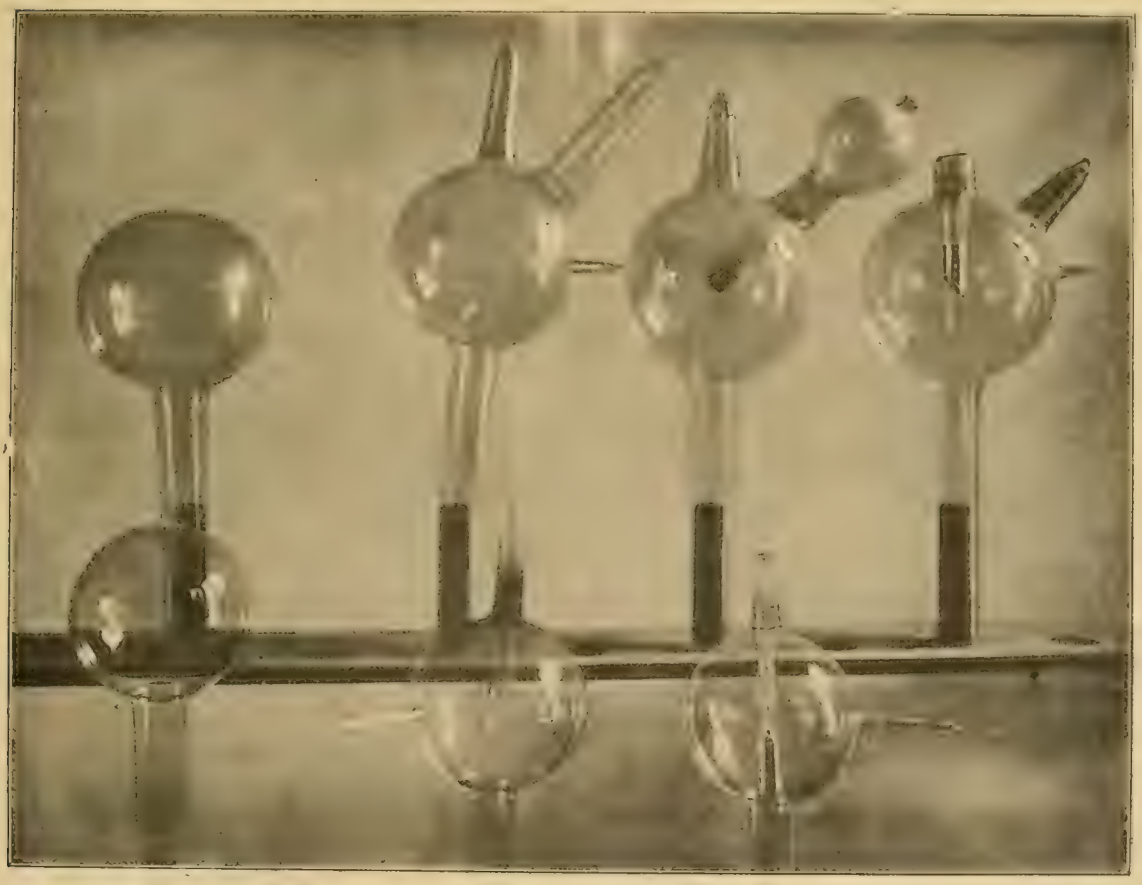


Fig. 5. — *Modèles d'ampoules et de soupapes aux différentes phases de leur soufflage.*

producteur d'énergie à haute tension, une bobine Rhumkorff, un tableau de réglage et des appareils de mesure (voltmètre, ampèremètre, milliampèremètre) au même titre qu'une installation radiographique.

Après les premiers moments du pompage, on met le tube en route, afin que l'énergie électrique qui va le traverser échauffe les pièces métalliques d'où se dégageront des gaz que la pompe absorbera. Lorsque le tube arrive à l'état de vide voulu, on l'isole de la pompe, sans le couper, et pendant un certain temps on constate si, malgré une marche à un régime intensif, il ne dégage pas une quantité de gaz excessive. Après ce contrôle, on sépare définitivement le tube de

total de 10 mm. de plomb. Chaque paravent pèse, du reste, la bagatelle de 650 kilogs et les feuilles métalliques qui le constituent portent des fenêtres munies de verre anti-X en trois épaisseurs de 4 mm. chacune. Enfin, comme on s'en rend compte par notre photographie, tous les appareils de commande se trouvent placés à l'extérieur, sous la protection des paravents.

Les ampoules sortant de la salle de pompage sont dirigées vers un premier laboratoire d'essais où l'on constate, avant la finition, si leur marche est normale. On les remet ensuite entre les mains d'une ouvrière qui place le radiateur, cimente le capuchon, fait au chalumeau diverses soudures et autres opérations de détail.

L'ampoule est alors achevée; mais, avant livraison, on la soumet pendant 8 ou 10 jours à une série de vérifications expérimentales dans plusieurs laboratoires. Le premier, sis au rez-de-chaussée des bâtiments, comprend un contact tournant grand modèle Gaiffe qui sert à actionner les tubes radiologiques sous n'importe quelle puissance et d'une robustesse à toute épreuve, car il fonctionne pour ainsi dire sans arrêt.

Dans une autre salle d'essais, située au sous-sol (fig. 4), les ingénieurs des Établissements Pilon mettent surtout au point les modèles, poursuivent des études sur les rayons X, etc. On a établi ce souterrain de façon que l'opérateur puisse impunément faire fonctionner les ampoules les plus puissantes sans être inquiété par les rayonnements direct ou secondaire. Une voûte suffisamment épaisse sépare cette pièce du reste de l'édifice et une cloison verticale, qu'aucun rayon secondaire ne peut traverser, la partage en deux parties. Dans cette cloison, on a ménagé une fenêtre munie d'une glace opaque aux rayons X et la porte est doublée de plomb. Les appareils producteurs d'énergie, ainsi que le tube à rayons X, se trouvent dans le fond du laboratoire, et lorsqu'ils fonctionnent un écran de plomb de 10 mm. d'épaisseur les encadre afin de protéger l'opérateur des rayons directs. Celui-ci surveille la marche de l'ampoule par l'intermédiaire d'une glace réfléchissante, puisque le paravent s'interpose entre elle et lui. Tous les instruments de commande et de vérification du tube sont placés dans la seconde partie de la salle. Le rhéostat déterminant l'intensité, qui doit passer dans le contact tournant, repose sur un support mobile. Un ampèremètre placé sous les yeux de l'opérateur lui indique la quantité d'électricité qui passe dans le transformateur et un voltmètre enregistreur, intercalé sur le circuit primaire, lui permet de connaître la différence de potentiel aux bornes du tube.

III

Telles sont les phases de la construction d'une ampoule à rayons X. D'ailleurs, une de nos vues (fig. 5), qui en représente deux modèles aux différents stades de leur soufflage, résume graphiquement cette fabrication. Quant aux progrès réalisés dans les appareils producteurs de rayons X, leurs grandeurs respectives les schématisent *grosso modo*. Dans les premiers temps de la radiologie, les tubes avaient une faible taille, tandis que les ampoules Pilon type O. M. en usage dans les armées françaises ou alliées et les tubes Coolidge-Pilon 1915 avec refroidisseur en métal sont de dimensions beaucoup plus imposantes. Ces derniers appareils permettent d'atteindre des pénétrations inconnues jusqu'ici : par exemple, des radiographies à travers plusieurs centimètres d'acier. Avec le modèle O. M., on exécute des téléradiographies des parties les plus épaisses du corps humain à 3 mètres de distance, alors qu'avec les petits tubes du début, il fallait 2 minutes pour radiographier une simple main.

Les ampoules à rayons X répondent donc aujourd'hui à toutes les exigences médicales ou chirurgicales, et, malgré la guerre, l'industrie française est à même de satisfaire aux commandes du Service de santé, des hôpitaux civils ou privés.

Jacques Boyer

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences physiques

Fernandez Navarro (Lucas), *Professeur de Cristallographie et de Minéralogie descriptive à l'Université de Madrid.* — **Cristalografia geométrica elemental.** — *1 vol. in-8° de 408 p. avec 416 fig. (Prix : 10 fr.) V. Suarez, éditeur, 48, Calle de Preciados, Madrid, 1915.*

Bien que l'Espagne soit riche en minéraux cristallisés et que les études cristallographiques y aient toujours attiré un assez grand nombre d'amateurs, la littérature espagnole ne possédait aucun précis moderne de Cristallographie. M. Fernandez Navarro a entrepris de remédier à cet état de choses, et il nous présente aujourd'hui un manuel de Cristallographie géométrique, qui sera suivi ultérieurement de deux autres ouvrages consacrés à la Cristallographie physique et à la Cristallographie chimique.

Outre une introduction, consacrée à la définition de la structure cristalline et à un bref historique des théories cristallographiques, le livre actuel comprend deux parties. — La première, intitulée : Cristallographie géométrique générale, étudie le cristal en général et les lois auxquelles il obéit : loi du parallélisme des faces; loi de la constance des dièdres, qui conduit à l'exposé des différentes méthodes de mesure des angles; loi de symétrie, qui amène à la notion des 7 systèmes cristallins et à celle, plus générale, des 32 classes ou modes de symétrie de Hessel; loi des troncatures rationnelles, qui sert de base aux diverses notations cristallographiques principe des zones cristallographiques. Les deux derniers chapitres sont consacrés à la représentation graphique des formes cristallines par les divers modes de projection usités, et aux principes du calcul cristallographique. — La seconde partie, ou Cristallographie géométrique descriptive, contient la description de toutes les formes cristallines possibles, classées par systèmes, avec l'indication d'un certain nombre de minéraux ou de substances chimiques cristallisant sous chaque forme et des exemples détaillés de calcul cristallographique dans chaque système. Cette partie se termine par un chapitre sur les complexes cristallins, en particulier les mâcles, avec leurs lois et les diverses théories de ces groupements.

En annexe à son ouvrage, M. Fernandez Navarro a donné : un tableau des formules trigonométriques les plus usitées dans le calcul cristallographique; des tableaux des valeurs angulaires caractéristiques des formes les plus fréquentes du système régulier; enfin un tableau des équivalences des diverses notations pour les formes principales de chaque système.

Ce manuel paraît fort bien compris, abondamment et clairement illustré, et il sera sans doute très favorablement accueilli dans tous les pays de culture espagnole.

Louis Brunet.

Plimmer (R. H. Aders), *Lecteur de Chimie physiologique à l'Université de Londres (University College).* — **Practical Organic and Bio-Chemistry.** — *1 vol. in-8° de 635 p. avec 86 fig. et 1 pl. en couleurs (Prix cart. : 15 fr. 75). Longmans, Green and C°, 39, Paternoster Row, Londres,* 1915.

Il faut que les événements actuels nous empêchent de voir désormais dans les Universités allemandes ce qu'on y a vu trop souvent jusqu'ici : une sorte de prééminence scientifique qui, à la fin, paraissait tenir du monopole. Nos rapports avec les savants des pays alliés doivent devenir plus fréquents et plus étroits; c'est à ce prix que nous revendiquerons avec fruit notre indépendance d'abord, et aussi notre droit d'occuper au soleil la place honorable qui nous est due.

Ces sentiments suffiraient à attirer l'attention des savants français sur le volume de M. R. H. A. Plimmer si d'autres mérites ne le recommandaient à notre estime. L'auteur a voulu écrire un traité où les étudiants, et plus spécialement les étudiants en médecine, trouveraient réunies les notions de Chimie organique qui leur sont indispensables à l'intelligence de la Chimie biologique et les faits essentiels concernant la Chimie biologique elle-même. Il a estimé, et, à mon avis, il a eu raison, que les deux disciplines étaient si étroitement enchevêtrées qu'il y avait lieu de les réunir en un seul traité didactique. En France, depuis quelques années, on a disjoint ces deux enseignements pour confier aux Facultés des Sciences la Chimie organique, réservant aux Facultés de Médecine les leçons de Biochimie. La logique a reçu satisfaction; les intérêts des élèves n'ont pas été aussi bien servis. Les étudiants apprennent mal une science dont ils n'aperçoivent pas les applications et, un ou deux ans après, se refusent à étudier les applications d'une science dont ils ont perdu de vue les notions fondamentales. Je ne révèlerai rien aux maîtres familiers avec ces questions en leur rappelant les conséquences plutôt regrettables du P. C. N. dans l'initiation scientifique des futurs médecins.

Il est bien entendu que le volume de M. R. H. A. Plimmer n'a pas l'ambition d'être un traité complet de Chimie organique ou de Biochimie. Il se contente d'exposer successivement les faits qu'on ne peut pas disjoindre, si on veut bien les faire pénétrer dans l'esprit des élèves.

La première partie est consacrée aux généralités de la Chimie organique; puis se suivent en bon ordre des chapitres consacrés aux hydrocarbures, alcools, acides, aldéhydes, amines, amides, dérivés du cyanogène, graisses, cires, lécithines. Les hydrates de carbone sont, comme il convient, étudiés avec soin, ainsi que les acides aminés, puis vient la série aromatique et ses produits d'addition, les terpènes, la cholestérine, les pigments, les alcaloïdes. Enfin, avec l'étude des fermentations et des protéines nous pénétrons dans le domaine de la Chimie physiologique. Les propriétés des protéines et des enzymes sont minutieusement décrites. Le volume se termine par un exposé des méthodes usuelles applicables à l'analyse du sang, de l'urine, des liquides et des tissus de l'organisme. Les formules des réactifs usuels, des tableaux de données numériques indispensables terminent ce volume de 600 pages, édité avec luxe, imprimé avec soin sur beau papier, orné de figures qui éclairent le texte.

Le style de l'auteur est sobre, clair; ses exposés sont fréquemment complétés par la description minutieuse d'une expérience démonstrative que l'élève peut répéter, et il est certain qu'un étudiant en médecine qui connaîtrait bien le programme développé dans le livre de M. R. H. A. Plimmer aurait maîtrisé ce qui est nécessaire à l'intelligence des faits et des méthodes que la Physiologie, la Clinique, l'Hygiène ou la Biologie générale empruntent à la Chimie.

Dr L. Hugounenq,
Professeur de Chimie physiologique à la Faculté de Médecine de Lyon.

2° Sciences naturelles

Mougin (P.). *Inspecteur des Eaux et Forêts.* — **Les Torrents de la Savoie.** — *1 vol. in-8° de XI + 1251 p. avec nombreuses pl. en phototypie et cartes (Prix : 20 fr.). (Publié par la Société d'Histoire Naturelle de Savoie). Imprimerie générale, Grenoble, 1914.*

La science des torrents est essentiellement d'origine française. Les bases en ont été jetées par Alexandre

Surell dès 1841 dans un livre génial, où l'auteur, jeune ingénieur des Ponts et Chaussées, énonçait pour la première fois les lois de l'érosion par les eaux courantes. Il y définissait en outre avec précision les trois tronçons successifs (bassin de réception, canal d'écoulement, cône de déjection) que l'on peut distinguer dans un torrent normal, en même temps qu'il caractérisait, d'après leur état d'évolution, trois « genres » de torrents. On y trouve également la discussion des défenses employées contre les torrents et des moyens à leur opposer. Presque tous les exemples de torrents étudiés par Surell sont empruntés aux environs d'Embrun, dans les Hautes-Alpes. Plus tard c'est surtout la vallée de Barcelonnette, dans les Basses-Alpes, qui est devenue le champ d'expériences pour la correction des torrents et le reboisement. Les ouvrages de P. Demontzey et d'E. de Gayffier l'ont rendue classique. Les principaux torrents des Pyrénées et de l'Isère ont été, eux aussi, décrits et figurés dans des « iconographies ». Par contre, les torrents de la Savoie n'avaient jamais fait l'objet d'une étude détaillée, qu'ils méritaient cependant par la variété de leurs aspects, par les ravages qu'ils ont exercés et par les travaux de défense qui leur ont été opposés. C'est cette lacune que vient combler M. Mougin en publiant, sous les auspices de la Société d'Histoire naturelle de Savoie, une monographie telle qu'il n'en existe certainement nulle part d'aussi détaillée.

Le sujet pouvait être traité au point de vue du géologue ou du géophysicien, comme il l'a été dans les ouvrages de Surell et de L.-A. Fabre, au point de vue de l'ingénieur et du forestier, qui est celui de Demontzey, ou encore au point de vue du géographe, auquel plusieurs auteurs étrangers se sont placés. M. Mougin a étudié les torrents de la Savoie surtout en archiviste, tout en ne négligeant pas entièrement les autres points de vue. Son livre comprend deux parties, d'importance très inégale : la première, consacrée à « l'origine des torrents de la Savoie », n'a que 215 pages ; la seconde, intitulée « Monographie des principaux torrents de la Savoie », en a plus de 1.000.

La première partie ne tient pas tout à fait les promesses de son titre.

Après une description topographique sommaire de la Savoie, l'auteur indique très brièvement les « causes de la torrentialité » (fâcheux néologisme !) et rappelle l'action de la forêt. Un long chapitre est consacré à la nature géologique du sol de la Savoie. C'est un résumé des notions les plus essentielles sur la stratigraphie de chacune des régions naturelles de la Savoie : Jura, Préalpes, Chaînes Subalpines et Alpes. La tectonique y est réduite à la portion congrue. Un résumé énumère les « terrains torrentiels » (*sic !*), c'est-à-dire ceux qui sont le plus favorables à l'action torrentielle : schistes cristallins, schistes et grès houillers, gypses du Trias, schistes et marnes noirs du Lias, schistes et calcaires marneux du Bajocien, du Bathonien, du Berriasien et du Valanginien, argiles glaciaires. On remarquera l'omission des argiles oxfordiennes, où cependant tant de torrents ont leur bassin de réception.

Un chapitre sur le climat avait sa place indiquée dans un ouvrage sur les torrents. Les particularités du climat de la Savoie y sont traitées avec une grande compétence, mais on y cherche en vain une application à la question de l'origine des torrents, à laquelle il n'est pas fait, dans ce chapitre, la moindre allusion.

Le rôle du déboisement dans la formation des torrents est bien connu depuis les travaux de Surell. M. Mougin recherche, dans un chapitre fort intéressant, les causes du déboisement. Il passe en revue les principales : accroissement de la population ; « la prévoyance ; l'esprit de lucre et la rapine » ; le pâturage ; le gaspillage du bois ; l'usage du bois dans les mines et les salines, dans les verreries, dans les papeteries et autres usines ; les opérations de guerre ; les travaux publics ; les incendies ; les avalanches, éboulements, etc. L'importance des déboisements est difficile à évaluer d'une manière précise et, de même, il n'est pas facile de déterminer l'influence du déboisement sur le climat de la Savoie, car ce n'est guère que depuis l'annexion que l'on possède des observations météorologiques régulières. L'augmentation des précipitations et l'abaissement de la température, constatés depuis cette époque, ne peuvent pas être attribués à une augmentation de la superficie boisée ; elle résiderait uniquement « dans l'augmentation de densité des massifs, dans l'enrichissement du matériel futaie et dans l'allongement des révolutions de taillis ».

La première partie se termine par un chapitre sur la « législation torrentielle ».

Dans la seconde partie, l'auteur étudie individuellement tous les principaux torrents en les classant par bassins hydrographiques. Sept chapitres sont consacrés respectivement aux bassins de la Dranse et du Léman, de l'Arve, des Usses, du Fier, de la Leysse et du lac du Bourget, de l'Isère, de l'Arc. Chaque section constitue une petite monographie indépendante, consacrée à un seul torrent et établie invariablement sur le même plan : renseignements généraux (source, longueur du cours et direction des divers tronçons, pente moyenne générale, étendue et délimitation du bassin, données géologiques, débit, surface occupée par les forêts), historique des crues et des laves ou des avalanches, travaux de défense et de correction. La partie historique représente un travail énorme de dépouillement des publications locales et des archives départementales.

Les résultats principaux sont synthétisés dans une table chronologique des crues et inondations dans l'ensemble de la région. Mais c'est à cela que se borne l'œuvre de synthèse de l'auteur. On aurait aimé trouver à la fin de l'ouvrage des conclusions, qui eussent peut-être mis en évidence une certaine périodicité des crues, certaines relations avec les variations de climat, avec les variations des glaciers, avec la déforestation. Il eût été intéressant de donner, soit dans chaque monographie, soit dans un chapitre spécial, des indications sur l'état d'évolution des torrents, sur leur attribution à l'un ou à l'autre type de torrents. On se demande parfois si l'auteur a lu Surell. Dans tous les cas, il ne s'en est guère inspiré.

La Bibliographie, placée à la fin de l'ouvrage, est très incomplète. Pour les ouvrages cités, il n'est fait aucune mention du format, du nombre de pages et de planches, de la date et du lieu de publication.

L'illustration photographique est abondante et, en général, fort bien choisie. La plupart des clichés sont excellents ; on ne peut pas toujours en dire autant de leur reproduction en simili-gravure. Dans le texte, il n'y est fait aucun renvoi et d'ailleurs les planches ne sont pas numérotées, ce qui est un grave inconvénient et rend toute citation précise impossible. Mentionnons cependant parmi les vues les plus expressives : les éboulements du Dérochoir et de la Griaz ; les arrachements de Doucy ; les torrents embryonnaires de Marignier et de Corbières ; les lits de rivières torrentielles du Giffre, du Fier, de la Leysse ; les bassins de réception de Reninge, de Lavanche, de Saint-Antoine ; les canaux d'écoulement de Versoyes, de Reclus ; le cône de déjection de Rieubel ; les barrages du Nant Saint-Claude, du torrent Morel, du Nant Trouble.

L'auteur a joint à l'ouvrage un certain nombre de reproductions de plans anciens, mais on regrette l'absence complète de cartes représentant quelques-uns des principaux torrents levés à grande échelle.

Malgré ces critiques de forme, l'ouvrage de M. Mougin rendra dans l'avenir les plus grands services aux géographes et aux géologues qui étudieront le phénomène des torrents et il sera consulté avec le plus vif intérêt par les admirateurs de la montagne.

Émile Haug,
Professeur à la Faculté des Sciences
de l'Université de Paris.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 15 Novembre 1915

1° Sciences physiques. — M. **L. Bouthillon** : *Sur l'application à la télégraphie sans fil à étincelles du procédé de charge des condensateurs au moyen de dynamo à f. é. m. constante en combinaison avec un éclateur tournant.* L'auteur a adopté comme type un circuit de charge comprenant une machine à courant continu à haute tension et, s'il y a lieu, des bobines de self et des dispositifs amortisseurs de haute fréquence, et un circuit de décharge contenant un éclateur tournant. On réalise ainsi une combinaison des avantages des deux systèmes, en évitant les inconvénients. — M. **Alb. Colson** : *Sur les chaleurs d'équilibre et la loi des dissolutions saturées.* L'auteur a déterminé les chaleurs d'équilibre des solutions saturées du sel marin, c'est-à-dire la quantité de frigories dégagées par une molécule solide en se dissolvant dans une solution extrêmement voisine de la saturation. Il a trouvé : à 21°,5, 293 frigories ; à 7°, 85 frigories ; à 0° (par extrapolation), 16 calories. La chaleur d'équilibre change donc de signe vers 0°. Ce changement, en vertu de la formule connue, exigerait une variation corrélative dans la solubilité du sel marin. Au contraire, celle-ci augmente régulièrement et proportionnellement à la température de — 15° à + 108°. La formule classique est donc en contradiction avec les faits pour le plus commun des sels. — M. **Paul Bary** : *Sur la vitesse de dissolution des liquides dans le caoutchouc.* L'auteur a reconnu que, dans le gonflement du caoutchouc vulcanisé par différents liquides, le poids p de liquide absorbé dans l'unité de poids de dissolution (gelée) peut être représenté par la formule : $p = t\,p_s\,(A + t)$, où t est le temps, p_s la valeur de p pour la saturation et A un coefficient dépendant des conditions de l'expérience. On en déduit pour la vitesse de dissolution : $v = B\,(p_s - p)^2$. — M. **G.-A. Le Roy** : *Sur l'imperméabilisation des draps et tissus militaires.* Le bain imperméabilisateur est constitué par une solution aqueuse d'aluminate de soude, plus ou moins concentrée selon les cas et additionnée de savon de soude. On obtient ainsi une solution sapo-alumineuse soluble, qui peut être en plus additionnée d'adjuvants tels que caséines, gélatines, corps résineux. Le drap ou tissu est immergé, foulé et imprégné dans cette dissolution, puis, après essorage, il est séché. Il est finalement immergé dans un bain constitué par de l'eau faiblement acidifiée avec de l'acide formique ou acétique, ou un sel à réaction acide, comme l'acétate d'alumine. On détermine ainsi la décomposition du produit sapo-alumineux fixé sur la fibre et la précipitation d'un savon d'alumine insoluble intimement mélangé avec le sel d'alumine, de soude et les corps gras libérés. Le mélange de ces substances constitue un composé hydrofuge très adhérent et stable, qui rend le tissu imperméable à l'eau, tout en le laissant suffisamment perméable à l'air et à la transpiration.

2° Sciences naturelles. — M. **Marage** : *Traitement de la mutité consécutive à des blessures de guerre.* L'auteur a observé des cas de surdimutité complète à la suite de blessures de guerre, où la surdité n'a pu être guérie par aucune méthode. Dans ce cas, on peut arriver à ramener l'usage de la parole par la méthode suivante : Au moyen d'un vibrateur mécanique, on pratique le massage du larynx et des régions latérales du cou ; on agit ainsi sur les muscles intrinsèques et extrinsèques du larynx. Au bout de 4 jours les malades commençaient à articuler en voix chuchotée des mots simples ; après 8 jours de ce seul traitement, ils répétaient des phrases qu'on leur faisait lire sur un papier. Au bout de 3 semaines, deux parlaient normalement. — Mlle **J. Wiszniewska** : *Sérum anti-phénol.* L'auteur a constaté qu'il se produit, dans certains procédés putrides de l'intestin, une substance spécifique qui rappelle par ses caractères les leucomaïnes plutôt que tout autre corps. Elle se comporte, vis-à-vis des réactifs des phénols, comme un composé phénolique, mais ne peut pas être confondue avec l'acide *p*-oxyphénylacétique ni avec d'autres composés chimiques du phénol jusqu'ici connus. Ce corps, injecté à différentes reprises et à différents animaux à des doses convenables, produit toujours les mêmes lésions de sclérose ; quand il est injecté par la voie veineuse à un cheval, il fournit des anticorps caractéristiques qui peuvent être employés dans un but thérapeutique. — M. **H. Coupin** : *Sur le pouvoir fermentaire des bactéries marines.* L'auteur a étudié le pouvoir fermentaire de 43 bactéries marines sur douze substances : trois monosaccharides, quatre polysaccharides et deux alcools. Quatre espèces seulement se sont montrées inertes. Ces bactéries ayant été isolées de l'eau de mer d'huîtres portugaises ou d'huîtres vertes, on peut se demander si le pouvoir digestif attribué à ces mollusques n'est pas dû, accessoirement ou principalement, à la présence des bactéries dans l'eau qui les baigne. — M. **F. Kerforne** : *Sur la présence de mylonites à la base du Cambrien au sud de Rennes.* L'auteur a observé, à Bois-Esnault et au rocher d'Ussel, deux contacts anormaux du Cambrien et de l'Algonquien, avec mylonites, situés l'un sur le bord nord, l'autre sur le bord sud du synclinal. Ils montrent que le Cambrien et les couches siluriennes qu'il supporte ne sont pas en place, et qu'il y a eu des actions de charriage indiscutables, probablement du S au N, ce qui expliquerait la schistosité verticale, sensiblement E-W, des schistes cambriens.

Séance du 22 Novembre 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **P. Carrasco** : *Sur la structure du spectre de raies de la couronne solaire.* L'auteur a constaté que la raie rouge 6374, qu'il a observée dans le spectre de la couronne pendant l'éclipse de Soleil du 21 août 1914, appartient à la série, signalée par M. Nicholson : 5303, 4359 et 3534, dont les raies ont la même différence (1,1029) entre les racines cubiques de leurs longueurs d'onde. L'auteur a trouvé parmi les raies coronales un certain nombre d'autres séries analogues.

2° Sciences physiques. — M. **G. Sizes** : *Loi de résonance d'un corps sonore.* Le son prédominant d'un corps sonore quelconque peut être considéré comme étant le terme médian d'une progression de 8 octaves. Conséquemment, son nombre de vibrations égale la racine carrée du produit des nombres de vibrations des octaves extrêmes. Le son fondamental, ou son 1 de l'échelle générale, s'obtient en divisant le premier terme de la progression par le terme numérique simple de la fonction harmonique du son prédominant. Cette fonction, variable selon l'espèce de corps sonore, est déterminée à l'aide des rapports qu'ont entre eux les harmoniques qui accompagnent le son prédominant et particulièrement de ceux qui sont en fonction de son 7 ou l'un de ses multiples. — MM. **L. Tschugaeff** et **I. Tschernjaeff** : *Sur les complexes hydroxylammoniés du platine bivalent.* Les auteurs ont préparé la série complète des composés $[Pt\,(NH^2OH)^n\,(NH^3)^{n-4}]\,Cl^2$. Ce sont des substances parfaitement incolores et plus ou moins solubles dans l'eau. Les atomes de Cl y présentent le caractère d'ions. Le composé $[Pt\,(NH^2OH)^2\,(NH^3)^2]\,Cl^2$ existe sous deux formes isomères et ses sels également ; les sels de l'une des formes sont rose violacé, ceux de l'autre forme verts. — M. **L. Maquenne** : *Action du saccharose sur la*

liqueur cupro-potassique. La courbe représentative du phénomène, dressée en prenant comme abscisses les poids de sucre et comme ordonnées les réductions correspondantes, s'élève au début très rapidement, puis s'infléchit, devient horizontale et enfin s'abaisse, si bien qu'avec 10 gr. de saccharose pur on réduit moins de cuivre en 3 min. qu'avec 5 gr. ou même seulement 2 gr. Il est probable qu'il se forme des sucrates complexes de cuivre et de potassium dont le coefficient de dissociation décroît à mesure que la proportion augmente de sucre. La présence de sucre inverti exerce sur le saccharose, tantôt une action protectrice, tantôt une action accélératrice de la décomposition, suivant la proportion du premier de ces sucres.

3° Sciences naturelles. — M. **L. Lapicque** : *Techniques nouvelles pour l'électrodiagnostic*. L'auteur présente un chronaximètre clinique qui permet de mesurer rapidement, en temps absolu et sans avoir à tenir compte de la résistance de la peau, les chronaxies pathologiques qui, de la normale égale à 2/10.000 de seconde environ, s'élèvent jusqu'à 1/100 et davantage. Il montre, d'autre part, qu'en excitant par des courants progressifs (en plaçant en dérivation une série de condensateurs à grande capacité, de 2 à 30 microfarads) des muscles sains et malades, on peut faire disparaître totalement l'action des uns et faire apparaître celle des autres avec toute son ampleur et ses caractères. — MM. **Ch. Nicolle** et **L. Blaizot** : *Nouvelles recherches sur le typhus exanthématique*. Les auteurs ont établi les faits suivants : 1° Il est possible de conserver indéfiniment le virus exanthématique par passage sur cobayes ; 2° Pendant la fièvre, le microbe inconnu du typhus est présent dans tous les organes, même débarrassés de sang ; 3° Le virus résiste à la glacière 6 jours au moins et 2 jours à l'étuve ; 4° Le lapin est sensible au virus ; 5° Il est nécessaire de prendre la température des animaux en incubation de typhus pendant au moins 45 jours. — M. **E. Vasticar** : *Sur la termination du nerf acoustique*. Il est généralement admis que les filaments du nerf acoustique se terminent par de petits renflements olivaires venant simplement en contact avec la surface extérieure de l'extrémité profonde de la cellule auditive. Une disposition de ce genre se rencontre assez fréquemment, mais n'est, pour l'auteur, qu'un des modes de terminaison *apparente* du nerf acoustique. Quels que puissent être les aspects de ces terminaisons, le trajet du filament nerveux ne reste pas limité à la surface extérieure de la cellule ; il se poursuit au-delà par les canalicules du corps exoplasmique pour atteindre le noyau, soit directement, soit par l'intermédiaire de corpuscules particuliers situés dans l'espace sous-nucléaire. Ce corpuscule intra-cellulaire peut être unique, et alors il est tantôt sphérique, et tangent simultanément au noyau et au corps exoplasmique ou tangent au premier et séparé du second, tantôt ovoïde et siégant dans l'épaisseur même du corps exoplasmique. — M. **L. Guignard** : *Nouvelles observations sur la formation du pollen chez certaines Monocotylédones*. L'auteur a reconnu que la formation du pollen par quadripartition simultanée peut être considérée comme générale chez toutes les Iridacées. — M. **M. Dalloni** : *Le Miocène supérieur dans l'ouest de l'Algérie. Couches à* Hipparion *de la Tafna*. L'auteur a observé dans la vallée inférieure de la Tafna des couches renfermant des restes d'*Hipparion* et toute une faune lagunaire caractéristique du Pontien. Les lagunes pontiennes s'étendaient donc largement au seuil de la Méditerranée occidentale, qui se présente également de ce côté comme une mer fermée. D'autre part, si l'Europe a reçu sans conteste de l'Asie les premiers *Hipparion*, ceux-ci s'étaient répandus à la même époque sur tout le nord de l'Afrique, en partie par l'isthme de Gibraltar. — M. **H. Colin** : *Stérilisation de l'eau par l'acide carbonique sous pression*. L'auteur a reconnu que des eaux chargées de bacilles divers (bac. typhique, bac. de la dysenterie, du choléra, de la diphtérie, bac. pyocyanique), peuvent être stérilisées par l'action de l'acide carbonique sous une pression allant de 5 à 25 kilogs pendant un temps variant de quelques minutes à 2 jours. Le colibacille et le bacille subtil résistent pendant plus de 5 jours.

Séance du 29 Novembre 1915

M. le Président annonce le décès de M. **Ch.-R. Zeiller**, membre de l'Académie.

1° Sciences physiques. — MM. **Oechsner de Coninck** et **Gérard** : *Poids atomique du cadmium*. Le métal est purifié par passage successif à l'état de sulfate, de sulfure, de chlorure, puis de carbonate. Un poids connu de carbonate est calciné, puis réduit par H, et le cadmium obtenu est pesé. La moyenne de cinq déterminations a donné pour poids atomique du Cd 112,32 (au lieu de 112,40, chiffre de la Commission internationale). — M. **O. Bailly** : *Sur le mécanisme de l'action du phosphate tribasique de sodium sur l'α-monochlorhydrine de la glycérine*. L'auteur a constaté que, dans la préparation du glycérophosphate de sodium par l'action de PO^4Na^3 sur l'α-monochlorhydrine de la glycérine, il y a formation intermédiaire de glycérine, puis de glycide et de Na^2HPO^4, et que c'est l'action de PO^4Na^2H sur le glycide qui donne naissance au glycérophosphate. Celui-ci peut être aussi bien le composé α que le composé β.

2° Sciences naturelles. — M. **J. Bergonié** : *Nouvelle méthode de radioscopie chirurgicale en lumière rouge*. L'auteur propose une nouvelle méthode de radioscopie chirurgicale, qui évite tous les inconvénients de la radioscopie ordinaire. On opère en lumière monochromatique rouge, qui conserve au chirurgien et à ses aides toute leur sensibilité visuelle et leur donne, en même temps, par effet de contraste, une perception nette et complète des images radioscopiques vertes. Aussi, lorsqu'on supprime la lumière rouge pour lui substituer la radioscopie en dessous du champ opératoire, les images sur l'écran sont-elles immédiatement et clairement perçues par tous. Une fois les indications fournies par cette radioscopie momentanée bien fixées, l'écran, protégé par un tissu stérile, est écarté du champ opératoire et l'opération continue en lumière rouge. — MM. **A. Renault**, **L. Fournier** et **L. Guénot** : *150 cas de syphilis traités par un composé organique d'arsenic, de bromure d'argent et d'antimonyle*. Ce composé, qui dérive de l'arsénobenzène et a été préparé par M. Danysz sous le nom de 102, a donné dans le traitement de la syphilis des résultats très favorables, comparables à ceux de l'arsénobenzène ; mais ces effets sont obtenus par des doses d'arsenic moins considérables et avec des phénomènes réactionnels bien moins intenses et bien moins pénibles. On n'a jamais noté d'accident grave, bien que les injections aient été faites à un jour seulement d'intervalle. — M. **E. A. Martel** : *Sur la contamination des eaux souterraines par suite de la guerre*. L'auteur discute la durée de contamination des eaux souterraines par suite des inhumations et autres causes de pollution dans les champs de bataille du N.-E. de la France. Il montre que l'infection de l'eau souterraine persiste au-delà d'une année entière dans toutes les circulations peu profondes qui ont été exposées depuis le début des hostilités à la multiplication des pollutions résultant des excreta, déchets contaminés, ensevelissements, etc. Donc il faut procéder le plus tôt possible aux assainissements du sous-sol dans tous les points où les eaux souterraines sont assez près de la surface pour que les contaminations continuent à s'y propager. — M. **H. Douvillé** : *Les Orbitoïdes : développement et phase embryonnaire ; évolution pendant le Crétacé*. L'auteur est amené à diviser les Orbitoïdes en deux groupes de formes : 1° un premier groupe, comprenant les sous-genres *Orbitella* et *Simplorbites*, dans lesquels la surface des logettes n'est que partiellement poreuse ; la portion frontale est compacte ; les ouvertures des logettes sont disposées en deux rangées aux extrémités de l'arc antérieur ; 2° un second groupe, comprenant les sous genres *Lepidorbitoïdes* et *Clypeorbis*, caractérisé par l'absence d'ouvertures ; les pores envahissent toute la surface des logettes,

et celles-ci se développent par filtration du protoplasme de la même manière que les chambres latérales.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 23 Novembre 1915

M. Ch. Monod : *A propos du tétanos localisé.* L'auteur cite un cas de ce genre observé sur un blessé, ayant reçu une injection de sérum antitétanique 50 heures après sa blessure. Après amputation du bras pour gangrène, il survint dans le moignon et l'épaule des secousses violentes et très douloureuses avec contraction, qui ne cédèrent qu'au bout de 6 semaines au traitement par le chloral, les injections sous-cutanées de sulfate de magnésie et celles de sérum antitétanique. Les cas de tétanos localisé paraissent beaucoup moins rares qu'on ne le suppose. — **M. A. Pinard** : *Quelques observations sur le traitement des plaies par la solution Delbet.* Depuis le 12 octobre, l'auteur a employé exclusivement la solution stérilisée de chlorure de magnésium à 18 % de sel cristallisé, pour l'irrigation des plaies à l'Hôpital militaire Bégin. Les résultats ont été remarquables. La suppuration a diminué très rapidement et la fétidité du pus s'est atténuée progressivement. La surface de la plaie devient d'un beau rouge et l'épidermisation se fait très rapidement, sans production de bourgeon charnu. — **M. G. Maurange** : *Statistique de 39.215 injections antityphoïdes et antiparatyphoïdiques B.* L'auteur a vacciné 11.316 personnes qui ont reçu en général 3 injections ; 162 ont été éliminées après examen médical. Chez un certain nombre de douteux, on a pratiqué une injection d'essai de 1/4 de cm³, suivie, lorsqu'il n'y avait pas de réaction, d'injections de 1/2, 1, 1 1/2 et 2 cm³ en surveillant de près le sujet. L'âge a varié de 4 à 46 ans ; les réactions chez l'enfant sont nulles. A part une douleur d'intensité variable, l'auteur n'a observé aucune réaction locale ; les réactions générales (céphalée, fièvre) ont fait défaut dans 80 % des cas pour la vaccination typhoïde et 96,3 % pour la paratyphoïde B. 127 tuberculeux ont pu être immunisés après avoir été soumis à l'injection d'essai. En somme, les résultats obtenus confirment l'innocuité de la vaccination antityphoïde lorsqu'elle est pratiquée avec asepsie et discernement.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 20 Novembre 1915

M. L. Camus : *L'hordénine dans le traitement des affections adynamiques.* A propos de l'emploi heureux de l'adrénaline dans le traitement de ces affections, l'auteur rappelle qu'il a montré autrefois que l'hordénine agit sur le cœur et la circulation d'une façon remarquable, fait qui a été corroboré depuis par de nombreuses observations cliniques et que vient appuyer l'analogie de structure moléculaires des deux bases. Le sulfate d'hordénine présenterait l'avantage d'être extrêmement soluble dans l'eau, et ses solutions se conservent sans altération. — **M. Ed. Retterer** : *Structure et origine des athéromes.* Si l'origine des îlots épithéliaux qui produisent les loupes ou athéromes a jusqu'à présent échappé à l'observation directe, la structure et l'évolution de ces néoformations prouvent leur nature épidermique : elles sont constituées par une couche génératrice formée d'un protoplasma strié en long et en travers. De nombreuses cellules possèdent un cytoplasma périnucléaire, tel qu'on l'observe dans les régions atteintes d'inflammation chronique. Ces cellules de la couche génératrice évoluent en une couche cornée à petits noyaux chromatiques. Vers le centre de l'athérome, les éléments cornés se désagrègent, en même temps que les noyaux perdent leur chromatine ; il se forme ainsi une cavité remplie d'un magma grumeleux. — **MM. M. Caullery et F. Mesnil** : *Sur des corps cœlomiques multinucléés de l'Eunice harassii.* Au cours de recherches sur la faune des mares à *Lithothamnion*, les auteurs ont observé des corpuscules spéciaux dans le cœlome d'une Annélide Polychète : *Eunice harassii.* Ces corps remplissent tous les segments de la région moyenne du corps ; ils sont opaques, elliptiques, et renferment un grand nombre de noyaux. Ils doivent servir à l'élaboration et à l'emmagasinement de réserves, dans la période de la vie de l'Annélide qui précède la formation des produits génitaux. — **M. R. Dujarric de la Rivière** : *Sur l'existence d'une médusocongestine.* L'auteur a observé à Calais de nombreux accidents plus ou moins graves dus aux piqûres de méduses, en particulier de l'espèce *Rhizostoma Cuvieri.* Par précipitation alcoolique des extraits de macération aqueuse de ces méduses, l'auteur a obtenu une substance qui, inoculée au cobaye ou au lapin, produit des symptômes cliniques et des lésions montrant sa nature congestivante. Cette médusocongestine donne lieu à des phénomènes d'anaphylaxie fréquents, mais non constants. — **MM. S. Costa et J. Troisier** : *Sur un bacille anaérobie ictérigène.* Du foie d'un malade ayant succombé à un ictère infectieux, les auteurs ont isolé un bacille anaérobie, immobile, souvent filamenteux, se développant abondamment dans un bouillon préparé avec du foie de veau. Il tue le lapin en déterminant un ictère d'origine hépatique ; par inoculation intramusculaire chez le chien, il provoque, en même temps que la lésion locale, un ictère franc curable. Les auteurs nomment ce bacille *B. icterigenes.* — **MM. H. Claude et R. Porak** : *Les troubles de la motilité dans les psycho-névroses.* II. Aux troubles de la motilité volontaire dans les psychonévroses du type hystérique (p. 692) s'ajoutent parfois des modifications de la courbe de fatigue par excitation électrique qui diffère beaucoup du côté paralysé et du côté sain : 1° la hauteur de chaque courbe de contraction est très peu élevée ; 2° les contractions sont cependant très nombreuses, d'où les caractères du quotient de fatigue qui est tout à fait comparable au quotient de fatigue par contraction volontaire. Ces anomalies, constatées chez des malades blessés depuis plus de 2 mois, paraissent relever surtout de l'inactivité musculaire prolongée. — **M. J. Nageotte** : *Développement de la gaine de myeline dans les nerfs périphériques en voie de régénération.* La première ébauche de la gaine de myéline ne se forme pas par l'apposition de molécules isolées, mais par l'incorporation successive de particules déjà organisées : les grains de chondriome du neurite. Elle constitue donc une membrane cylindrique de substance mitochondriale et représente un élément composé du chondriome. A cette première phase d'agrégation en succède une seconde, de croissance : la membrane s'épaissit et se régularise. Puis dans une 3e phase, de sécrétion, qui débute vers le 20e jour, la myéline proprement dite apparaît sous la forme d'une mince ligne plus claire, qui divise la membrane primitive en deux couches : ce sont les membranes juxtamyéliniques interne et externe. — **M. R. Dubois** : *L'anticinèse rotatoire.* L'auteur a constaté que les organismes les plus divers, placés sur un plateau tournant lentement, se meuvent en sens inverse du mouvement de rotation ou se placent dans une direction contraire à celle du mouvement. Ce phénomène très général est à rapprocher du fait que les grandes migrations humaines ayant eu un caractère persistant ont marché en sens inverse du mouvement de rotation de la Terre, c'est-à-dire de l'Est à l'Ouest.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 19 Novembre 1915

M. M. Drapier : *Application de la cryoscopie à l'analyse chimique.* Le dosage d'un constituant d'un mélange, surtout lorsqu'il s'agit de corps organiques, offre en général de grandes difficultés. Un tel problème présente pourtant très souvent un grand intérêt, tant au point de vue pratique qu'au point de vue scientifique. Il est rare de trouver une méthode chimique qui permette de le résoudre, et l'on est le plus souvent réduit

à recourir à des méthodes empiriques. Aux conditions d'exactitude s'en joint une autre lorsqu'il s'agit de dosages industriels : la rapidité d'exécution. C'est aux méthodes physiques : mesures de densité, d'indice de réfraction, de pouvoir rotatoire, etc., que l'on recourt en général. Il en est une autre que l'on ne paraît pas avoir songé à utiliser d'une façon systématique : c'est la cryoscopie. Elle est cependant susceptible de rendre de réels services, ainsi qu'il résulte des expériences qui ont été faites. Il importe de considérer deux cas, selon que l'on a affaire à un mélange binaire ou à un mélange plus complexe. *Premier cas* : Soit un mélange des corps A et B dont l'un puisse servir de dissolvant cryoscopique. La dissolution d'un poids déterminé de ce mélange dans un poids connu du corps A pur, par exemple, détermine un abaissement du point de congélation qui est proportionnel à la concentration du corps B dans le mélange. *Deuxième cas* : S'il s'agit d'un mélange plus complexe, la cryoscopie d'une solution de π grammes de ce mélange dans P grammes d'un dissolvant quelconque donne la relation :

$$(1) \qquad \Delta = \frac{k}{P}\left(\frac{x}{M} + \frac{y}{M'} + \frac{z}{M''} + \dots\right),$$

où $x, y, z, \dots$ représentent les poids des corps A, B, C, ..., contenus dans π grammes de mélange, et M, M', M'', ... leurs poids moléculaires. La cryoscopie d'une solution de même concentration, mais en employant cette fois comme dissolvant l'un des constituants du mélange, A, par exemple, donne :

$$(2) \qquad \Delta' = \frac{k'}{P+x}\left(\frac{y}{M'} + \frac{z}{M''} + \dots\right).$$

En remplaçant dans (1) $\left(\frac{y}{M'} + \frac{z}{M''} + \dots\right)$ par la valeur de cette expression tirée de (2), on obtient :

$$\Delta = \frac{k}{P}\left[\frac{x}{M} + \frac{\Delta'(P+x)}{k'}\right],$$

d'où l'on peut tirer la valeur de x, c'est-à-dire la concentration du constituant A dans le mélange étudié. Cette méthode très expéditive et susceptible de grande généralisation pourrait rendre de sérieux services dans les laboratoires. — M. **G. Bigourdan** : *Sur l'examen rapide des lunettes et télescopes, particulièrement de ceux de petites dimensions.* L'auteur rappelle d'abord les principales méthodes d'examen, notamment celle de l'*écran* et celle des *diaphragmes*, avec leurs avantages particuliers quand on les utilise photographiquement. Ces méthodes sont d'une application assez longue et par suite ne sont pas pratiques pour les petits instruments. L'importante notion du *pouvoir optique* offre un moyen empirique, mais assez sûr, pour reconnaître la qualité des mêmes systèmes optiques. Des étoiles doubles convenablement serrées se prêtent bien à ce mode d'examen; mais ici encore l'application est longue quand on veut la faire sur le ciel; de sorte que le seul moyen expéditif consiste dans l'emploi de *tests objets* terrestres. Comme test, on emploie ordinairement des mires constituées par des caractères typographiques de grandeur décroissante. Mais de telles mires ne peuvent être reproduites identiquement à grandes distances et d'ailleurs doivent être employées d'une manière purement différentielle. Pour cette raison, M. Bigourdan a proposé l'emploi d'une *Mire universelle*, constituée par un certain nombre de groupes de raies noires sur fond blanc; dans chaque groupe les traits noirs et les intervalles blancs ont tous même largeur, et celle-ci varie régulièrement d'un groupe au suivant. Chaque groupe porte un numéro n exprimant, en secondes d'arc, l'angle sous-tendu par la somme des largeurs d'un blanc et d'un noir consécutifs, quand la mire est placée à 10^m de distance. A une distance quelconque d le même angle est donc $10n/d$. Or l'emploi de mires de ce genre a montré à Foucault qu'un objectif ou miroir de bonne qualité et de $0^m,13$ d'ouverture dédouble exactement 1". D'ailleurs le pouvoir séparateur est proportionnel à l'ouverture de l'objectif. On peut facilement s'assurer si un objectif d'ouverture donnée a le pouvoir séparateur correspondant. (Pour plus de détails, voir une *Notice* de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1915.) Pour l'application de cette méthode il reste cependant à examiner diverses circonstances qui n'ont pas encore été étudiées : 1° Influence de l'éclairement plus ou moins intense de la mire, 2° Influence de la distance focale. Pour les grands objectifs, où le rapport de l'ouverture O à la distance focale F est voisin de 1/15, on admet que ce rapport n'a pas d'influence. Mais quand il tombe au-dessous de 1/10, comme dans beaucoup d'objectifs de faible ouverture, il peut n'en être plus de même pour les objectifs de jumelles. 3° Influence du grossissement. Pour la solution de ce troisième point, on se heurte à une difficulté d'ordre pratique. D'abord on n'a pas de moyen facile d'épreuve pour les oculaires. Ensuite les oculaires qui n'ont pas été faits spécialement ne sont pas interchangeables. Il serait utile d'adopter des diamètres réguliers, variant par exemple de 2^{mm} en 2^{mm} pour le diamètre extérieur des oculaires. En outre, leurs lentilles devraient être interchangeables. Les conventions de ce genre devraient être précédées de l'unification des filetages des tubes.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 12 *Novembre* 1915

M. **G. André** : *Sur le déplacement par l'eau des matières azotées et minérales renfermées dans les feuilles.* L'expérience démontre que les feuilles, soumises aux influences naturelles, lorsqu'elles sont tombés sur le sol à l'automne, perdent la presque totalité de leur potasse dans un espace de temps assez court, alors que la perte de l'acide phosphorique, dans le même temps, atteint seulement les 2/3 environ du phosphore contenu dans les feuilles. L'azote s'élimine beaucoup plus lentement : 1/14 seulement de cet élément est soustrait à la feuille. M. André a déterminé quelles étaient les quantités d'azote, de phosphore et de potasse susceptibles d'être déplacées lorsqu'on immerge complètement les feuilles dans l'eau; cette étude a été faite sur des feuilles de châtaignier prises à divers moments de leur développement. — MM. **Polonovski** et **Nitzberg** : *Etude sur les alcaloïdes de la fève de Calabar.* Les auteurs ont étudié l'action des isocyanates de méthyle et de phényle sur l'ésérine, la génésérine et sur leurs dérivés : l'éséroline et la généséroline. Ils ont trouvé que, suivant les conditions dans lesquelles on se place, on obtient des produits de condensation différents : tantôt des composés d'addition peu stables, tantôt des combinaisons carbaminiques du type urée, l'isocyanate se fixant à l'azote, ou du type uréthane, quand l'éthérification a lieu à l'oxhydrile phénolique, tantôt des combinaisons mixtes uréo-uréthaniques, lorsque deux molécules d'isocyanate entrent en réaction. Du fait que la généséroline ne donne pas avec les isocyanates des combinaisons autres que celles du type uréthane, tandis que l'éséroline en fournit des deux types : urée et uréthane, il semble ressortir que la généséroline ne possède pas le groupement imide qui existerait dans l'éséroline.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXVI DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES

(DU 15 JANVIER AU 30 DÉCEMBRE 1915)

I. — CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Astronomie et Géodésie

Le rayonnement des étoiles. 229
L'avenir des planètes. 693

Anatomie et Physiologie

La ration du soldat en temps de guerre. 104
Influence du timbre et de l'intensité sur la localisation des sons 136
L'étude analytique du mécanisme de l'écriture. 136
Le dimorphisme dimensionnel des spermatozoïdes et ses relations avec les chromosomes 169
La ration de guerre des diverses armées et les modifications proposées dans la fabrication des conserves pour l'armée française 199
La valeur nutritive du bois. 232
Le rôle des sels de calcium dans l'alimentation humaine, en particulier chez les soldats 393
La recherche de nouvelles substances alimentaires en Allemagne. 456
La ventilation et les effets du grand air et du vent sur les échanges respiratoires 497
Le mécanisme de contrôle de la teneur en corpuscules rouges du sang. 664
La fragilité héréditaire des os. 664

Biologie générale

Existe-t-il un type physique du criminel ? 4
L'identité de l'héliotropisme chez les animaux et les plantes 231
Le nomadisme est-il héréditaire? 296
L'eugénique et la guerre 360
L'influence du climat sur le travail. 457
La structure moléculaire et la vie. 632
Relations entre la couleur spectrale et la stimulation chez les organismes inférieurs. 695

Botanique et Agronomie

L'industrie sucrière française et la question des graines de betterave 3
Un hybride du blé sauvage et du blé ordinaire 40
La lutte contre le désert 74
L'exsudation de glace par les tiges des plantes 104
Nouvelle méthode pour déterminer rapidement la vitalité des semences. 135
L'œuvre du reboisement en Algérie 168
La végétation d'avant-garde du volcan Taal. 198
L'emploi des substances radioactives comme engrais . 329
Influence de l'orientation des lignes sur le sol sur la récolte des betteraves sucrières. 329
La production et la consommation des céréales en 1915. 536

Chimie

L'explosibilité des mélanges d'ammoniac et d'air . . . 38
Le traitement au four des phosphates naturels pour leur utilisation comme engrais 73
L'emploi de la viscose comme enveloppe pour les saucissons. 104
La couleur des corps et leur constitution chimique. . . 134
A propos du système des éléments chimiques 133
Une nouvelle sorte de pile 197
Les liquides à point d'ébullition constant qui peuvent être employés pour les bains-marie à température constante. 230
La préparation industrielle du bore et ses applications. 263
Les répercussions de la guerre de 1914 sur l'industrie du sucre 294
L'utilisation de la farine de riz dans la fabrication du pain 295
Le rôle de la science dans la lutte contre l'industrie allemande 328
L'analyse capillaire du lait 360
La fabrication industrielle et les emplois du fer électrolytique 391
L'antimoine et la guerre. 423
La récupération des graisses des boues d'égout. 423
Poids atomique des émanations radioactives. 455
L'action de l'acétylène sur les métaux 455
Isolement électrolytique du fil d'aluminium. 455
Les compressibilités des éléments et leurs relations avec les autres propriétés 493
Un procédé simple de purification du mercure 494
La doura comme succédané du blé dans la panification . 495
Méthode pour distinguer les substances tautomères, isomères et polymères des substances polymorphes. . 535
Recherches sur les fusibles de chaudière en étain. . . . 535
L'influence de l'addition de cuivre sur la corrosion de l'acier 535
L'étude des solutions troubles 567
L'influence du titane sur les propriétés de l'acier. . . . 568
Le bronze turbadium 568
La perte de poids du musc dans un courant d'air sec . . 632
La structure moléculaire et la vie. 632
Le Rapport du Comité international des poids atomiques pour 1916 663
Nickelage direct de l'aluminium. 695

Distinctions et solennités scientifiques

Les prix Nobel pour 1914 et 1915 629
Les médailles de la Société Royale de Londres. 661

Electricité industrielle

COUSTET (E.). — Le retour par la terre dans les transports d'énergie électrique. 534
L'inauguration de la téléphonie transcontinentale aux Etats-Unis 103
Observations sur les perturbations des communications radiotélégraphiques 566
La lampe à arc à vapeur de cadmium 567
Un grand progrès dans la téléphonie sans fil. 599
Les progrès de l'électrification des chemins de fer . . . 631
Un nouveau type de lampe à arc à électrodes inusables 694

Enseignement et Sociétés

Les effets de la guerre sur quelques institutions scientifiques internationales. 1

Géographie et Colonisation

Regelsperger (Gustave). — Mission Audoin pour le ravitaillement de la région orientale du territoire du Tchad 138
— Mission du professeur Emile Perrot pour l'étude des végétaux utiles de l'Afrique équatoriale 425
Les communications de la Russie et de la Sibérie avec l'Europe 105, 600
Les colonies allemandes en Russie 170
La colonisation intérieure en Sibérie en 1913. 266
Le sort de l'Expédition arctique canadienne 538

Géologie et Paléontologie

Blin (Henri). — La question des engrais de potasse et les gisements de sels potassiques de l'Alsace. . . 495
Découverte de bactéries algonkiennes. 328
Les gisements de sels potassiques de l'Espagne 391
L'origine des récifs coralliens 392
L'origine des continents. 424
Le prétendu desséchement progressif de la Terre. . . 569

Industrie et Commerce

Les conséquences industrielles et commerciales de la guerre 2

Mathématiques

La simplification des opérations arithmétiques de l'involution et de l'évolution. 261

Mécanique et Génie civil

Les projecteurs lumineux en temps de guerre 70
Le sauvetage des équipages après les batailles navales. 101
A propos de l'incendie de la *Touraine* : l'emploi des gaz brûlés à l'extinction des incendies et aussi à la fumigation. 167
Les problèmes techniques de l'utilisation de la tourbe. 262
L'emploi des moteurs à naphtaline en Allemagne . . . 325
Les bombes incendiaires allemandes. 326
Une nouvelle théorie des fours à flamme 389
Le mouvement d'un fluide sans frottement 453
La lubrification par le graphite colloïdal 453
La commande des moteurs employés à bord des sous-marins allemands 661

Météorologie et Physique du Globe

Les cyclones tropicaux et les basses pressions atmosphériques 357
Une nouvelle méthode pour la fixation des variations de climat aux époques antérieures 389
Les propriétés mécaniques de la Terre. 533

Nécrologie

Blayac (J.) — Gaston Vasseur. 630
Crookes (Sir W.). — Quelques savants anglais récemment décédés : Gill, Poynting, Minchin, Swan, Burch 69
Mangin (L.). — Edouard Prillieux 597
Mathias (E.). — E.-H. Amagat. 165
Regelsperger (Gustave). — Joseph Déchelette 37
Renaud (J.). — Ph. Hatt 629
Roule (Louis). — Léon Vaillant 69
Willem (Victor). — A. A. W. Hubrecht. 293
N. C. Duner 2
Sir Georges Nares. 101
James Geikie. 229
A. van Gehuchten.. 325
Sir Andrew Noble 661
H. Charlton Bastian 693

Photographie

Coustet (Ernest). — La chromophotographie par le procédé Paget-color 230
— Le voile dichroïque 599
Pellicule de gélatine, souple et ininflammable, pour la Radiologie. 39
Modifications du pouvoir développateur de l'hydroquinone, résultant des substitutions effectuées dans le noyau aromatique 39
Exécution rapide des épreuves radiographiques. 134
Développement des clichés à température élevée . . . 359
L'utilisation de la lampe au tungstène à atmosphère d'azote en photographie. 390
Eclairage inactinique 423
Influence de l'humidité et de la température sur la sensibilité des plaques 568

Physique

Boutaric (A.). — Les théories actuelles de la gravitation 71
— La structure de l'atome. 102
— Extraction et localisation des projectiles par l'électro-aimant 662
Coustet (Ernest). — L'ampoule à rayons X de Coolidge 326
— Redresseur et amplificateur thermo-ioniques; le Kenotron et le Pliotron 421
Les signaux sonores et les zones de silence 38
Les propriétés magnétiques et autres du fer électrolytique et de ses alliages fondus dans le vide. . . . 133, 694
La précipitation électrique des particules suspendues dans les fluides 169
Tubes à rayons X en métal. 197
Une nouvelle sorte de pile 197
Relation entre le spectre d'émission d'un composé et le spectre d'absorption qu'il fournit en solution. . . 262
Les propriétés physiques du sélénium. 262
La fusion du carbone 293
Un nouvel isolant calorifique, le fibrox. 327
Quelques propriétés des émanations radio-actives . . . 357
Les constantes du radium 358
Quelques effets secondaires des rayons Rœntgen. . . . 359
Le passage des rayons α à travers les cristaux. 359
Sur un nouvel appareil à haute fréquence. 359
Principe d'un nouveau récepteur visuel de phototélégraphie 390
La tension superficielle des corps amorphes 390
Les alliages métamagnétiques. 422
La nature des particules magnétiques ultimes. 454
L'extension du spectre au delà de la région de Schumann. 493
La visibilité des objets à distance dans l'art militaire . 565
Localisation des projectiles dans l'organisme par la radiographie. Méthodes des repères gradués. . . . 566
Cinématographie du mouvement brownien. 568
L'équivalent mécanique de la lumière 598
La protection des lignes à haut voltage contre les oiseaux 663

Sciences médicales

L'emploi de l'iode comme antiseptique sous forme solide 4
Les risques d'épidémie de typhus exanthématique et de typhus récurrent dans nos armées en campagne et les mesures à prendre pour les en préserver 40
Les herbicides à base d'arsenic. 265
La transmission de la malaria par les moustiques, aux Philippines 330
Le procédé Dickson pour le traitement des eaux d'égout. 362

Zoologie

La sélection des couleurs par les moustiques 135
L'élevage du dauphin en captivité 264
Les changements de couleur et de dessin chez les poissons et l'adaptation 392
Le mimétisme chez les serpents 425
L'influence de la pression barométrique et de la température sur le développement des Lépidoptères . . . 537
Recherches sur le développement du pou 696

II. — ARTICLES ORIGINAUX

Astronomie, Météorologie et Physique du Globe

Lebeuf (A.). — L'histoire des doctrines cosmologiques de M. Duhem. 139
Puiseux (P.). — Revue annuelle d'Astronomie (1914) . 407

Botanique et Agronomie

Gain (Edm.). — La production et le commerce du blé en 1914. 280
Jumelle (Henri). — La culture du riz en Europe. . . . 15
Péchoutre (F.). — Revue de Botanique. 473
Perrot (Em.). — La culture du cacaoyer en Afrique occidentale française. Son avenir 219
— Un institut africain de Technologie agricole et de recherches scientifiques. 430
Vayssière (P.). — Revue de Phytopathologie. 51
Zolla (D.). — Revue d'Agronomie 116
— Les ressources agricoles de la France. 278

Chimie

Berthoud (A.). — Revue de Chimie physique 583
Briner (Em.). — Le rôle de la pression dans les phénomènes chimiques. 551
Coustet (E.). — L'état actuel de l'industrie des impressions photomécaniques. 207
Demenge (E.). — La sidérurgie mondiale depuis la guerre 272
Fourniols (A.). — La fabrication de l'hydrogène pour le gonflement des ballons. 339
Kayser (E.). — La fabrication du rhum. 465
Mailhe (A.). — Revue de Chimie minérale. 20
Mourelo (J.-R.). — La synthèse minérale au point de vue de ses méthodes. 394

Géographie et Colonisation

Blondel (G.). — Que faut-il penser de l'épuisement de l'Allemagne ? 113
Brunet (Louis). — L'odyssée de l'Expédition arctique canadienne 90
Perrot (E.). — Un institut africain de Technologie agricole et de recherches scientifiques. 430
Regelsperger (Gustave). — Les colonies allemandes. Leur situation avant la guerre et leur avenir 331

Géologie, Minéralogie et Paléontologie

Brunet (L.). — Rayons X et structure cristalline. — I. Rayons X. 645
— II. Structure cristalline. 678
Grandidier (G.). — L'industrie minérale à Madagascar. I. Minerais métalliques. 617
II. Minéraux non métalliques. 639
Launay (L. de). — Les Carpathes. 239
Mancini (E.). — Le tremblement de terre de la Marsique (Italie centrale) du 13 janvier 1915. 146
Révil (J.). — Revue annuelle de Géologie. 306

Histoire des Sciences

Gautier (Armand). — Un précurseur français de la science expérimentale moderne : Jacques Rohault. . 267

Mathématiques

Mittag-Leffler (M.-G.). — Les fondements de la Théorie des nombres 504

Mécanique et Génie civil

Barrelet (A.). — Les ballons captifs allemands 404
Calfas (P.). — Les projecteurs électriques 518
Demenge (Emile). — Pierre Martin 427
Fourniols (A.). — Les derniers types de ballons dirigeables et leur rôle pendant la guerre actuelle. 245
Haag (J.). — Sur les principes de la Mécanique. 75
Houllevigue (L.). — Les mines sous-marines fixes . . 200
Portuondo (A.). — Notes de Mécanique sociale. L'énergie universelle 435
Reverchon (L.). — La chronométrie à l'Exposition de Berne. 149
Torres y Quevedo. — Essais sur l'Automatique. Sa définition. Étendue théorique de ses applications . . 641
Vallier (E.). — Le tir indirect en 1915. 297
Vichniak (J.). — L'électricité et les mines sous-marines. 306
X. — La houille blanche et la houille grise en Russie. . 359
Cᵗ A. R. — L'usure des canons. 544
Cᵗ X. — L'artillerie lourde de campagne. Première partie 697

Nécrologie

Achard (Ch.). — Ch. Bouchard (1837-1915) 676
Bouvier (E.-L.). — La vie et l'œuvre de J.-H. Fabre. . 634
Demenge (Emile). — Pierre Martin. 427
Le Chatelier (H.). — Frédéric Winslow Taylor 363

Physiologie

Gley (E.). — Comment s'est formée et comment a évolué la notion de sécrétion interne. 368
Pugliese (A.). — La valeur alimentaire des divers types de pain. 612

Physique

Boyer (J.). — La fabrication des ampoules radiologiques durant la guerre. 712
Brunet (L.). — Rayons X et structure cristalline. I. Rayons X 645
— II. Structure cristalline. 678
Colardeau (E.). — La localisation précise des projectiles dans le corps des blessés par voie radiographique ou radioscopique. 5
Coustet (Ernest). — La localisation des projectiles par la radiographie, suivant la méthode Hirtz. 345
— La tarification de l'électricité. 576
Echegaray (J.). — Série de négations. 107
Nagaoka (H.). — La propagation des ondes électriques à la surface de la Terre et la couche ionisée de l'atmosphère. 570
Rutherford (Ern.). — Les radiations des atomes explosifs 498
Stock (E.). — La localisation des projectiles par la radiographie, suivant la méthode du Dʳ Guilloz. 469
Vichniak (J.). — L'électricité et les mines sous-marines 306

Sciences médicales

Hartmann (H.). — Les premiers soins à donner aux blessés et leur mode d'évacuation. 171
— L'évacuation des blessés. 233
Langlois (J.-P.). — La fièvre paratyphoïde. 175

Zoologie et Anatomie

Bouvier (E.-L.). — La vie et l'œuvre de J.-H. Fabre . . 634
Brachet (A.). — L'évolution d'une science : l'Embryologie 512
Lameere (Aug.). — L'origine des sociétés d'insectes. . . 459
Pittard (Eug.). — Les peuples de la péninsule des Balkans. 665
Prenant (A.). — Les cils et leurs dérivés. 41
Sjostedt (Dʳ Y.). — La construction des nids chez les insectes. 85
Stevenson (A.). — Les pêcheries de baleines des îles Falkland et de leurs dépendances 181
Willem (W.). — Comment les fleurs attirent les abeilles 539

Revues annuelles

Mailhe (A.). — Revue de Chimie minérale. 20
Vayssière (P.). — Revue de Phytopathologie. 51
Zolla (D.). — Revue d'Agronomie. 116
Révil (J.). — Revue annuelle de Géologie 306
Puiseux (P.) — Revue annuelle d'Astronomie (1914) . . 407
Péchoutre (F.). — Revue de Botanique 473
Berthoud (A.). — Revue de Chimie physique. 583

III. — BIBLIOGRAPHIE

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES

Mathématiques

Bachelier (L.). — Le jeu, la chance et le hasard. . . . 61
Barriol (A.). — Théorie et pratique des opérations financières. 126
Blutel (E.). — Leçons de Mathématiques spéciales. . . 284
Borel (Em.). — Introduction géométrique à quelques théories physiques 30
Le hasard. 413
Braude (L.). — Les coordonnées intrinsèques, théorie et applications 689
Burali-Forti (C.). — Analyse vectorielle générale. I. Transformations linéaires. II. Applications à la Mécanique et à la Physique 526
Coffin (J. G.). — Calcul vectoriel. 349
Darboux (G.). — Leçons sur la Théorie générale des surfaces et les applications géométriques du Calcul infinitésimal. I. Généralités, coordonnées curvilignes, surfaces minima. 558
Delens (P.). — Problèmes d'Arithmétique amusante. . 223
Horsburgh (E.-M.). — Modern instruments and methods of Calculation 381
Milhaud (Georges) et Pouget (Edouard). — Cours de Géométrie analytique. I. Géométrie à deux dimensions. 253
Trignart (A.). — Table auxiliaire d'intérêts composés. 62

Mécanique générale et appliquée

Braive (Jean). — Aide-mémoire de l'ingénieur-constructeur de béton armé. 253
Bresson (Henri). — Dictionnaire des principales rivières de France utilisables pour la production de l'énergie électrique. 318
Fiek (G.), Hinrichsen (W.), Archbutt (S.-L.), Portevin (A.), Nusbaumer (E.). — Données numériques de l'Art de l'ingénieur et de la métallurgie. . 484
François (L.). — Formules, recettes, procédés à l'usage des ingénieurs 349
Grahl (G. de). — Le fonctionnement économique du chauffage central. 188
Laubeuf (M.). — Sous-marins et submersibles 590
Leconnu (Léon). — Cours de Mécanique, tome I. . . . 318
Martinot-Lagarde (Capitaine C.). — Le moteur à explosion. 444
Taylor (F.-W.) et Thompson (S.-E.). — Pratique de la construction en béton et mortier de ciment armé ou non armé, avec établissement rationnel des prix de revient 223

Astronomie, Géodésie et Météorologie

Sageret (Jules). — Le système du monde des Chaldéens à Newton 155
Véronnet (Alex.). — Les hypothèses cosmogoniques modernes 187
Relatorio do Observatorio Campos Rodriguez em Lourenço Marques, ano de 1913. 223

2° SCIENCES PHYSIQUES

Physique

Berget (A.). — Les problèmes de l'atmosphère. 94
Bragg (W.-H.) et Bragg (W.-L.). — X Rays and crystal structure 624
Bruninghaus (L.). — Données numériques de Spectroscopie (spectres d'émission, spectres d'absorption, phénomène de Zeeman) 381
Costanzo (G.) et Cortez (A.). — Guia de Trabalhos praticos de Fisica. Calor. 223
Curchod (A.). — Installations électriques de force et lumière. Schémas de connexions 526
Dutoit (P.), Lewis (W.-C. Mc C.) et Mahlke (A.). — Données numériques d'Electricité, Magnétisme et Electrochimie. 689
Lyman (Théodore). — The spectroscopy of the extreme ultraviolet. 318
Maurer (P.). — La téléphonie et les autres moyens d'intercommunication dans l'industrie, les mines et les chemins de fer (Description, montage et entretien des appareils). 484
Richardson (O.-W.). — The Electron theory of matter . 285
Rothé (E.). — Cours de Physique. 349
Saphores (J.) et Bourion (F.). — Données numériques de Radio-activité, Atomistique, Electronique et ionisation 689
Swyngedauw (R.). — Cours d'Electrotechnique générale et appliquée. II. Le courant alternatif 350
Thompson (Sylvanus P.). — Radiations visibles et invisibles. 285
Trudelle (V.). — La lumière électrique et ses différentes applications au théâtre 126
Williams (Adolfo T.). — Investigaciones experimentales sobre los espectros de la descarga oscilante. 590

Chimie

André (G.). — Chimie agricole et végétale 223
Ariès (E.). — Chimie physique élémentaire. I. Les principes généraux de la Statique chimique. 413
Balta R. de Cela (Jose). — Compendio de Electroquimica. 1re partie. Introduction à l'étude de l'Electrochimie. Principes fondamentanx. 444
Duponchelle (J.). — Manuel pratique de fonderie (cuivre, bronze, aluminium, alliages divers). 94
Giolitti (Frédéric). — La cémentation de l'acier 155
Hanriot (M.), Carré (P.), Seyewetz (A.), Hébert (A.) et Charabot (E.). — Principes d'analyse et de synthèse en Chimie organique. 253
Jones (Walter). — Nucleic acids; their chemical properties and physiological conduct 31
Londe (A.). — La photographie à la lumière artificielle. 30
Lyon (Dorsey A.) et Kelney (Rob. M.). — Electric furnaces for making iron and steel 350
Moulinet (Gérald). — Carrelages et faïences (Technique de la fabrication des carreaux de grès) 95
Plimmer (R.-H. Aders). — Practical organic and biochemistry. 719
Ranc (Albert). — Contribution à l'étude des actions physiologiques de la lumière. Action des rayons ultraviolets sur les hydrates de carbone 62
Thorpe (Sir Edward). — Alcoholometric Tables 558
Turner (W. E. S.). — Molecular association. 444
Vennin (L.) et Chesneau (G.). — Les poudres et explosifs et les mesures de sécurité dans les mines de houille. 189
Vézien (L.). — Industrie des os, des déchets animaux, des phosphates et du phosphore. 690

3° SCIENCES NATURELLES

Géographie

Alexinsky (Grégoire). La Russie et la guerre. 446
Cumming (A. J.). — Our first half-century. A review of Queensland progress 485
Dun (W. S.). — Handbook for New South Wales . . . 485
Gordon (D. J.) et Ryan (V. H.). — Handbook of South Australia 485
Knibbs (G. H.). — Federal Handbook. 485
Laughton (A. M.) et Hall (T. S.). — Handbook to Victoria. 485
Mawson (Sir Douglas). — The home of the Blizzard . . 656
Niox (Général). — Géographie militaire. Les pays balkaniques 624
Smith (J. Russel). — Industrial and commercial Geography. 381
X. — Handbook and Guide to Western Australia 485

Minéralogie, Géologie et Paléontologie

Alden (W.-C.). — Glaciers of Glacier National Park . . 414
Artini (E.). — I Minerali 526
Bragg (W.-H.) et Bragg (W.-L.). — Rayons X et structure cristalline. 624
Campbell (M.-R.). — Origin of the scenic features of the Glacier National Park 414
Déchelette (Joseph). — Manuel d'Archéologie préhistorique, celtique et gallo-romaine. II. Archéologie celtique ou protohistorique. 3e partie. Second âge du fer où époque de la Tène 351

DEPRAT (J.). — Mémoires du Service géologique de l'Indo-Chine. vol. II, f. 1 et 2 319
DULIEUX (P.-E.). — Les minerais de fer de la province de Québec. Gisements et utilisation 559
FERNANDEZ NAVARRO (L.). — Cristallografia geométrica elemental. 719
KNOWLTON (F.-H.). — The fossil forests of the Yellowstone National Park 444
MANSUY (A.). — Mémoires du Service geologique de l'Indo-Chine. Vol. II, f. 3 à 5 319
MOUGIN (P.). — Les torrents de la Savoie. 719
POGUE (Jos. E.). — The Turquoise 591
RÉVIL (Joseph). — Géologie des chaînes jurassiennes et subalpines de la Savoie. 62
SPENCER (L.-J.). — Données numériques de Cristallographie et de Minéralogie 624

Botanique et Agronomie

Annales du Service des Epiphyties, t. II 592
CHOUX (P.). — Etudes biologiques sur les Asclépiadacées de Madagascar 95
JUMELLE (H.). — Les cultures coloniales. 255
KOLDERUP (L.). — The Botany of Iceland. 445
PERROT (E.). — Poisons de flèches et poisons d'épreuve 224
TROUARD-RIOLLE (Mlle Yvonne). — Recherches morphologiques et biologiques sur les radis cultivés. . . . 488

Zoologie, Anatomie et Physiologie

ALLRICH, CARRUTH, DAVENPORT, ELLWOOD, HORNES, HOWELL, JORDAN, KELLER, THORNDIKE, VAUGHAN, WEBER, WOLCOTT. — Eugenics : Twelve universi y lectures. 414
CABRERA (Angel). — Fauna ibérica. Mamiferos. 527
GLEY (E.). — Les secrétions internes 285
HEWITT (G.-G.). — The house fly. 157
LANESSAN (J.-L. de). — Transformisme et créationnisme 31
LAUNOY (L.). — L'appareil thymo-thyroïdien: thyroïdes, parathyroïdes, thymus . . . . . [illegible]
LOEB (J.). — La conception mécanique de la vie . . . [illegible]
MITCHELL (P. Chalmers). — Evolution and war . . . . [illegible]
MOTTRAM (J.-C.). — Controlled natural selection and value marking . . . . . [illegible]
RABAUD (Etienne). — La Tératogenèse, étude des variations de l'organisme . . . . . [illegible]
RAVERET-WATTEL (C.). — La pisciculture industrielle . [illegible]
SPALLANZANI (Lazarro). — Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione dei signori di Needam e Buffon . . . . . [illegible]

4° SCIENCES MÉDICALES

Médecine et Pathologie

BONNIER (Dr P.). — Défense organique et centres nerveux 127
GILBERT (A.) et WEINBERG (M.). — Traité du sang. . . 416

Hygiène et Thérapeutique

BEZAULT (B.). — Législation de l'hygiène publique en France 127

5° SCIENCES DIVERSES

DENIS (Ernest). — La guerre. Causes immédiates et lointaines. L'intoxication d'un peuple. Le traité . . 488
FINOT (Jean). — Civilisés contre Allemands. 447
GIRAUD (Victor). — Le miracle français. 488
JOLLIVET (Gaston). — Six mois de guerre. 528
OLPHE-GAILLARD (G.). — La force motrice au point de vue économique et social 625
SOURIAU (Paul). — L'esthétique de la lumière 32
TARANZANO (Le P.-Ch.). — Vocabulaire français-chinois des Sciences mathématiques, physiques et naturelles 559

IV. — ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Académie des Sciences de Paris

Séances des 23 et 30 novembre 1914. 33
— 7 décembre — 34
— 14 et 28 — — 64
— 4 et 11 janvier 1915. 97
— 18 et 25 — — 128
— 1er février — 129
— 8 et 15 — — 159
— 22 — — 160
— 1er et 8 mars — 191
— 15 et 22 — — 225
— 29 — — 256
— 6 avril — 256
— 12 et 19 — — 287
— 26 — — 320
— 3 mai — 320
— 10 — — 352
— 17 — — 353
— 25 et 31 — — 384
— 7 et 14 juin — 417
— 21 — — 448
— 28 — — 449
— 5 et 12 juillet — 489
— 19 — — 490
— 26 — — 529
— 2 et 9 août — 529
— 17 et 23 — — 560
— 30 — — 561
— 6 et 13 septembre — 561
— 20 et 27 — — 593
— 4 octobre — 594
— 11 et 18 — — 626
— 26 — 658
— 2 novembre — 658
— 8 — — 691
— 15 et 22 — — 721
— 29 — — 722

Académie de Médecine

Séances des 1er décembre 1914. 34
— 8 — — 35
— 22 et 29 — — 65
— 5 janvier 1915. 65
— 12 et 19 — — 98
— 26 — — 129
— 2 février — 129
— 9 et 16 — — 161
— 23 — — 192
— 2 mars — 192
— 9 et 16 — — 226
— 23 et 30 — — 257
— 6 avril — 258
— 13 et 20 — — 288
— 27 — — 321
— 4 mai — 321
— 11 et 18 — — 353
— 25 — — 385
— 1er juin — 385
— 8 et 23 — — 418
— 22 et 29 — — 449
— 6, 13 et 20 juillet — 490
— 20 et 27 — — 530
— 3, 10, 17 et 24 août — 531
— 31 — — 562
— 7 septembre — 562
— 14, 21 et 28 — — 595
— 5 octobre — 595
— 12 — — 658
— 19 et 26 — — 659
— 2 novembre — 659
— 9 — — 691
— 16 — — 692
— 23 — — 723

Société de Biologie

Séances des 31 octobre 1914 35
— 28 novembre 35
— 12 décembre 35
— 26 — 65
— 9 janvier 1915 98
— 23 — 129
— 6 et 20 février — 161
— 6 mars — 226
— 20 — — 258
— 17 avril — 289
— 1 et 15 mai — 354
— 29 — — 385
— 12 et 26 juin — 450
— 10 juillet — 491
— 24 — — 531
— 9 octobre — 627
— 23 — 659
— 6 novembre — 692
20 — — 723

Réunion biologique de Bucarest

Séance du 3 décembre 1914 65

Société française de Physique

Séances des 20 novembre 1914. 35
— 4 décembre — 66
— 18 — — 99
— 15 janvier 1915. 130
5 février — 162
— 19 — — 193
— 5 mars — 227
— 19 — — 258
— 16 avril — 322
— 7 mai — 385
— 4 juin — 418
18 — — 450
— 2 juillet — 692
— 19 novembre — 723

Société chimique de France

Séances des 18 décembre 1914. 66
— 12 février 1915. 162
— 26 — — 228
— 26 mars — 289
— 14 mai 386
— 12 novembre — 724

Société Royale de Londres

Séances des 5 novembre 1914 130
— 12 — 131
— 19 — — 162
Séances des 3 décembre — 163
— 21 et 28 janvier 1915 194
— 4 février — 228
— 11 et 18 — — 259, 290
— 4 mars — 290
— 11 — — 291
— 25 — — 323
— 22 avril — 355
— 29 — — 386
— 6 mai — 387
— 13 et 20 — — 451
— 3 juin — 452, 563
— 17 — — 563, 659

Société de Physique de Londres

Séances des 13 novembre 1914 67
— 27 — — 163
— 18 décembre — 163
— 22 janvier 1914 163
— 12 février — 195
— 25 — — 260
— 12 mars — 291
— 26 — — 292
— 23 avril — 355
— 12 mai — 387
— 28 — — 419
— 11 juin — 452
— 25 — — 532
— 22 octobre — 660

Société de Chimie de Londres

Communications reçues pendant les vacances . . . 36, 67
Séances des 5 novembre 1914. 99
— 3 décembre — 131
— 17 — — 132

Société anglaise de Chimie industrielle

Communications diverses. 100, 132, 164, 292, 323, 387, 420, 452 491

Académie des Sciences d'Amsterdam

Séances des 27 juin 1914 195
— 21 septembre — 323
— 31 octobre — 356
— 28 novembre — 387
— 30 décembre — 388
— 30 janvier 1915 491
— 27 février — 492
— 27 mars — 564
— 23 avril — 595
— 29 mai — 627
— 26 juin — 628, 660

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXV DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES[1]

A

Abeilles. — Comment les fleurs attirent les abeilles **539**
Absorption. — Sur l'absorption des gaz par resonance 225, 258
Accélération. — Appareil destiné à la déterminations directe des accélérations. 561
Acétylène. — Action de l'acétylene sur les métaux. 455
Acides. — Nucleic acids: their chemical properties and physiological conduct. 31
Acier. — Le titane et ses effets sur l'acier. . . . 132, 568
— L'acier au manganèse 132
— La cémentation de l'acier 155
— Les propriétés élastiques de l'acier aux températures modérées. 290
— Sur les déformations superficielles des aciers trempés aux températures peu élevées. 417
— L'influence de l'addition de cuivre sur la corrosion de l'acier 535
— Sur l'hétérogénéité des aciers. 594
Activité optique. — Possibilité d'un nouveau cas d'activité optique sans atome de carbone asymétrique. 68
Afrique. — La culture du cacaoyer en Afrique occidentale française. Son avenir. **219**
— Mission Emile Perrot pour l'étude des végétaux utiles de l'Afrique equatoriale. 425
— La température en Afrique occidentale et équatoriale 529
— Les climats de l'Afrique occidentale. 530
— Sur les eaux souterraines en Afrique occidentale 560
— La pression atmosphérique, la pluie et la tension de vapeur en Afrique occidentale et équatoriale. 593
Agronomie. — Revue d'Agronomie. **116**
— Les ressources agricoles de la France. **278**
Aimants. — Sur le critère de l'acier propre aux aimants permanents 195
Alcaloïdes. — Action de l'anhydride acétique sur les alcaloïdes morphiniques 67
Alcool. — L'emploi des mélasses comme source d'alcool pour la production de l'énergie. 292
Alcoolisme. — Mesures à prendre contre l'alcoolisme 192, 257, 449
Algérie. — L'œuvre du reboisement en Algérie. . . 168
Aliénés. — Caractères morphologiques généraux des aliénés 690
Alimentation. — Le rôle des sels de calcium dans l'alimentation humaine, en particulier chez les soldats. 393
— La recherche de nouvelles substances alimentaires en Allemagne 456
Allemagne. — Que faut-il penser de l'épuisement de l'Allemagne?. **113**
— Les colonies allemandes **331**
— Civilisés contre Allemands 447
Alliage. — Anomalies de dilatation des alliages . . 130
— La corrosion des alliages non ferreux. 292
— Les alliages métamagnétiques 422
Allumage. — L'allumage des gaz par compression adiabatique 36
Aluminium. — Isolement électrolytique du fil d'aluminium. 455
— Nickelage direct de l'aluminium 695
Amino-acides. — Essais de résolution des sels métalliques des amino-acides et d'autres composés coordonnés. 132
Ammoniac. — L'explosibilité des mélanges d'ammoniac et d'air. 38
Ampoule. — L'ampoule à rayons X de Coolidge . . . 326
— La fabrication des ampoules radiographiques . . **712**
Analyse. — Analyse harmonique pratique. 163
— Analyse vectorielle générale 526
Analyse chimique. — Application de la cryoscopie à l'analyse chimique 723
Annuaire. — Annuaire pour l'an 1915 publié par le Bureau des Longitudes. 94
Antarctique. — The home of the Blizzard. 656
Antimoine. — L'antimoine et la guerre. 423
Antiseptique. — L'emploi de l'iode comme antiseptique sous forme solide 4
Arc. — Les vapeurs lumineuses distillées de l'arc, avec applications à l'étude des séries spectrales et de leur origine. 130
— Dispositif permettant d'obtenir facilement les radiations d'arc des solides conducteurs en faisant emploi du courant alternatif 193
Archéologie. — Manuel d'Archéologie préhistorique, celtique et gallo-romaine 351
Arithmétique. — Problèmes d'Arithmétique amusante 223
Armées. — La misère physiologique et la tuberculose dans les armées. 33
— L'alimentation en eau des armées en campagne. 33
— Les rations de guerre des diverses armées et les modifications proposées dans la fabrication des conserves pour l'armée française 199
Art de l'ingénieur. — Données numériques de l'Art de l'ingénieur et de la Métallurgie 484
Artillerie. — L'artillerie lourde de campagne. I. . . **697**
Asclépiadacées. — Etudes biologiques sur les Asclépiadacées de Madagascar 95
Association. — Association moléculaire 444
Astronomie. — Revue annuelle d'Astronomie (1914). . **197**
Atlas. — Atlas graphique et statistique de la Suisse. 126
Atmosphère. — Les problèmes de l'atmosphère. . . 94
Atome. — La structure de l'atome 102
Australie. — Federal Handbook of Australia. . . . 485
Automatique. — Essais sur l'Automatique. Sa définition. Etendue théorique de ses applications . . . **601**
Azote. — Recherches spectroscopiques en rapport avec la modification active de l'azote. IV. Un spectre de bandes du triazoture de bore 163
— Une modification chimiquement active de l'azote produite par la décharge électrique 355

B

Bactéries. — Découverte de bactéries algonkiennes . 328
Baleines. — Les pêcheries de baleines des îles Falkland et de leurs dépendances. **181**
Balkans. — Géographie militaire. Les pays balkaniques. 624
— Les peuples de la péninsule des Balkans. Esquisse anthropologique **665**
Ballons. — Les derniers types de ballons dirigeables et leur rôle pendant la guerre actuelle. **245**
— La fabrication de l'hydrogène pour le gonflement des ballons. **339**
— Les ballons captifs allemands **404**
Béton. — Pratique de la construction en béton et mortier de ciment armé ou non armé, avec établissement rationnel des prix de revient. 223

1. Les chiffres gras reportent aux articles originaux.

Béton. — Aide-mémoire de l'ingénieur-constructeur de béton armé 253
Betterave. — L'industrie sucrière française et la question des graines de betterave 3
— Influence de l'orientation des lignes sur le sol sur la récolte des betteraves sucrières 329
Blé. — Un hybride du blé sauvage et du blé ordinaire 49
— La production et le commerce du blé en 1914 . . **280**
Blessés. — Les premiers soins à donner aux blessés et leur mode d'évacuation **171**
— L'évacuation des blessés **232**
Blessures. — Exploration radiologique des blessures de guerre 99
Bois. — La valeur nutritive du bois 232
Bombes. — Les bombes incendiaires allemandes . . 326
Bore. — Le borure de magnésium et le bore amorphe 67
— La préparation industrielle du bore et ses applications 263
Botanique. — Revue de Botanique **173**
Boues. — La concentration des boues d'égout 420
— La récupération des graisses des boues d'égout . 423
Bronze. — Le bronze turbadium 568

C

Cacaoyer. — La culture du cacaoyer en Afrique occidentale française, son avenir **219**
Calcium. — Le rôle des sels de calcium dans l'alimentation humaine, en particulier chez les soldats 393
Calcul. — Calcul vectoriel 349
— Modern instruments and methods of calculation 381
Calotte. — Protection du crâne contre les blessures de guerre par la calotte métallique 385
Canons. — L'usure des canons **511**
Carbone. — La fusion du carbone 293
Carpathes. — Les Carpathes **238**
Cémentation. — La cémentation de l'acier 155
Centres. — Défense organique et centres nerveux . . 127
Céréales. — La production et la consommation des céréales en 1915 536
Chaleur. — Rapport γ des deux chaleurs spécifiques principales des mélanges de gaz 225
— Id. ...des gaz et des vapeurs 450
— La théorie du rayonnement et les chaleurs spécifiques des solides 322
— Mesure de la chaleur spécifique de la vapeur à la pression atmosphérique et à 104°5 C 451
Chaudières. — Compte rendu du 43e Congrès des Délégués et Ingénieurs de l'Union internationale des Associations de surveillance des chaudières à vapeur 155
Chauffage. — Le fonctionnement économique du chauffage central 188
Chemins de fer. — Les progrès de l'électrification des chemins de fer 631
Chimie. — Revue de Chimie minérale **20**
— Chimie agricole et végétale 223
— Principes d'analyse et de synthèse en Chimie organique 253
— Chimie physique élémentaire. I. Les principes généraux de la Statique chimique 413
— Revue de Chimie physique **583**
— Practical organic and bio-chemistry 719
Chlorophylle. — Sur la fonction de la chlorophylle 290, 417
Choléra. — Sur les bons effets de la bactériothérapie spécifique dans le choléra au cours de la campagne de Serbie 531
Chromophotographie. — La chromophotographie par le procédé Paget-color 230
Chronométrie. — La chronométrie à l'Exposition de Berne **119**
— Roue à denture harmonique. Application à la construction d'un chronomètre de laboratoire à mouvement uniforme et continu 159
Cils. — Les cils et leurs dérivés **11**
Ciment armé. — Pratique de la construction en béton et mortier de ciment armé ou non armé, avec établissement rationnel des prix de revient 223
Civilisés. — Civilisés contre Allemands 447
Cladocères. — Le cycle évolutif des Cladocères, et remarques sur la physiologie de la croissance et de la reproduction chez les crustacés 194
Clichés. — Développement des clichés à température élevée 359
Climat. — Une nouvelle méthode pour la fixation des variations de climat aux époques antérieures . . 389
— L'influence du climat sur le travail 457
— Les climats de l'Afrique occidentale 530
Cœur. — Le processus excitatoire dans le cœur du chien. II. Les ventricules 259
Colonies. — Les colonies allemandes. Leur situation avant la guerre et leur avenir **331**
Combustion. — Combustion gazeuse aux hautes pressions 250
Compressibilités. — Les compressibilités adiabatique et isotherme des liquides entre 1 et 2 atmosphères de pression 67
— Les compressibilités des éléments et leurs relations avec les autres propriétés 494
Conserves. — Les conserves de viande du camp retranché de Paris 33
— Les rations de guerre des diverses armées et les modifications proposées dans la fabrication des conserves pour l'armée française 199
Constantes. — Sur des rapports numériques entre les constantes électroniques atomiques 419
Constitution. — La couleur des corps et leur constitution chimique 133
Contact. — Sur la conduction de l'électricité aux contacts de pointes 163
Continents. — L'origine des continents 424
Coordonnées. — Les coordonnées intrinsèques. Théorie et applications 689
Coraux. — Biologie des coraux des grandes profondeurs 226
— L'origine des récifs coralliens 392
Corrosion. — La corrosion des alliages non ferreux . 292
— Les véhicules des peintures considérés comme agents protecteurs contre la corrosion 452
Cosmogonie. — Les hypothèses cosmogoniques modernes 187
Cosmologie. — L'histoire des doctrines cosmologiques de M. Duhem **139**
Couleur. — La couleur des corps et leur constitution chimique 133
Coups de bélier. — Sur les coups de bélier 256, 593. 594
Criminel. — Existe-t-il un type physique du criminel? 4
Cristallographie. — Données numériques de Cristallographie et de Minéralogie 624
— Cristalografia geométrica elemental 719
Cristaux. — Le passage des rayons α à travers les cristaux 359
— X Rays and Crystal structure 624
— Rayons X et Structure cristalline **615, 678**
Cultures. — Les cultures coloniales. IV. Plantes à condiments et plantes médicinales. V. Plantes oléagineuses 255
Cyclone. — Les cyclones tropicaux et les basses pressions atmosphériques 357
Cytophylaxie. — Cytophylaxie 561

D

Dauphin. — L'élevage du dauphin en captivité . . . 264
Désert. — La lutte contre le désert 74
Desséchement. — Le prétendu desséchement progressif de la Terre 569
Diffraction. — Les phénomènes de diffraction et le mouvement de la Terre 386
Diffusion. — Sur la diffusion de la lumière par l'air. 97
Dilatation. — Anomalies de dilatation des alliages. 130
Doura. — La doura comme succédané du blé dans la panification 495

E

Eau. — Epuration des eaux 33, 287
Eaux d'égout. — Le procédé Dickson pour le traitement des eaux d'égout 362
Ebullition. — Les liquides à point d'ébullition constant qui peuvent être employés pour les bains-marie à température constante 230
Eclairage. — Eclairage inactinique 423
Eclipse. — Observations de l'éclipse de Soleil du 21 août 1914 34
— Sur la photométrie des éclipses de Soleil des 17 avril 1912 et 21 août 1914 35
Ecriture. — L'étude analytique du mécanisme de l'écriture 136
Electricité. — L'électricité et les mines sous-marines **300**

Electricité. — Dictionnaire des principales rivières de France utilisables pour la production de l'énergie électrique 318
— Propagation de l'électricité à travers l'huile de paraffine 418
— Installations électriques de force et lumière. Schémas de connexions 526
— La tarification de l'électricité **576**
— Données numériques d'électricité, Magnétisme et Electrochimie 689
Electrification. — Les progrès de l'électrification des chemins de fer 631
Electro-aimants. — Appareil pour la comparaison des électro-aimants employés pour l'extraction des fragments de métaux magnétiques dans l'organisme, particulièrement dans l'œil 66
Electrochimie. — Compendio de Electroquimica . . 444
Electrons. — The Electron theory of matter 285
— Effets de différents gaz sur l'émission d'électrons par les solides incandescents 355, 563
Electro-vibreur. — 257, 353, 417, 560, 658
Elements. — A propos du système des éléments chimiques 134
Emanations. — Quelques propriétés des émanations radioactives 357
— Poids atomique des émanations radioactives . . 454
— Sur l'emploi de l'émanation du radium condensée en tubes clos à la place des composés radifères, et sur le dosage de l'énergie dépensée dans les applications radioactives en général 594
Embryologie. — L'évolution d'une science : l'Embryologie **512**
Energie. — Sur les relations de l'énergie radiante avec les autres formes d'énergie 227
— Notes de Mécanique sociale : l'énergie universelle **135**
Engrais. — Le traitement au four des phosphates naturels pour leur utilisation comme engrais . . 73
— L'emploi des substances radioactives comme engrais 329
Epiphyties. — Annales du Service des Epiphyties . 592
Epuisement. — Recherches expérimentales sur l'épuisement 161
Etoiles. — Le rayonnement des étoiles 230
Eugénique. — L'eugénique et la guerre 360
— Eugenics. Twelve University lectures 414
Euxenite. — Sur un gisement d'euxénite au Brésil . 560
Evolution. — La simplification des opérations arithmétiques de l'involution et de l'évolution 261
— Evolution and the war 446
Expédition. — L'odyssée de l'Expédition arctique canadienne **90**, 538
Explosifs. — Les poudres et explosifs et les mesures de sécurité dans les mines de houille 189

F

Facules. — Sur les facules solaires 626
— Variations des rapports entre facules et taches. 658
Faïences. — Carrelages et faïences 95
Farine. — Valeur alimentaire de la farine de froment blutée à 74 % 562
Faune. — Fauna ibérica. Mamiferos 527
Fer. — Les propriétés magnétiques et autres du fer électrolytique fondu dans le vide 133, 694
— Electric furnaces for making iron and steel . . 350
— La fabrication industrielle et les emplois du fer électrolytique 391
— Les minerais de fer de la province de Québec . . 559
Ferro-magnétisme. — Disparition rapide du ferromagnétisme du fer à la température du rouge . . 66
Fièvre typhoïde. — Communications diverses sur la fièvre typhoïde : diagnostic, traitement, bacille, vaccination, 33, 35, 65, 128, 160, 192, 225, 226, 355, 384, 449, 450, 490, 491, 530, 531, 560, 562, 595, 659
— La fièvre paratyphoïde **175**
Flammes. — Les vitesses des flammes dans les mélanges de méthane et d'air 36, 68
Fluide. — Le mouvement d'un fluide sans frottement 453
Fluorescence. — Observations sur les radiations de fluorescence et de résonance de la vapeur de sodium 387
Fonderie. — Manuel pratique de fonderie (cuivre, bronze, aluminium, alliages divers) 94
Force électromotrice. — La f. é. m. de mouvement 658
Force motrice. — La force motrice au point de vue économique et social 625
Forêts. — The fossil forests of the Yellowstone National Park 444
Foudre. — Coups de foudre sur les lignes télégraphiques . . . . . [illegible]
Fours. — Une nouvelle théorie des fours à flamme . [illegible]
Fours électriques. — Electric furnaces for making iron and steel . . . . . [illegible]
Fragilité. — La fragilité héréditaire des os 655
Fréquence. — Sur un nouvel appareil à haute fréquence [illegible]
Fusibles. — Recherches sur les fusibles de chaudières en étain . . . . . [illegible]

G

Gangrène. — Recherches sur la gangrène gazeuse, 129, 191, 627
Gaz. — Etude clinique, anatomopathologique et histochimique de cas d'intoxication par les gaz irritants employés par les Allemands à Langhemarck 353
— Dispositif pour l'essai rapide des substances employées contre les gaz nocifs 561
Gelures. — Communications sur les gelures dans l'armée 98, 129, 161, 226, 257
Génération. — Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione dei signori di Needam e Buffon 224
Geographie. — Industrial and commercial Geography 381
— Géographie militaire. Les pays balkaniques . . 624
Géologie. — Le rôle de la géologie dans les opérations militaires 198
— Revue annuelle de Géologie **306**
Géométrie. — Introduction géométrique à quelques théories physiques 30
— Cours de Géométrie analytique. I. Géométrie à deux dimensions 253
Glace. — L'exsudation de glace par les tiges des plantes 102
Glaciers. — Glaciers of Glacier National Park . . . 414
Glucosidase. — Synthèses au moyen de la glucosidase 417, 448, 489, 560, 593, 626
Gouttes. — Sur les lois d'écoulement par gouttes par les orifices capillaires 320, 593
Graisses. — La récupération des graisses des boues d'égout 423
Graphite. — La lubrification par le graphite colloïdal 453
Gravitation. — Les théories actuelles de la gravitation 71
Guerre. — Les effets de la guerre sur quelques institutions scientifiques internationales 1
— Les conséquences industrielles et commerciales de la guerre 2
— Evolution and the war 446
— La guerre. Causes immédiates et lointaines. L'intoxication d'un peuple. Le traité 488
— Six mois de guerre 528

H

Hasard. — Le jeu, la chance et le hasard 61
— Le hasard 413
Héliothérapie. — Sur une installation permettant d'appliquer l'héliothérapie intensive, en hiver, aux blessés et aux convalescents militaires . . . 287
Héliotropisme. — L'identité de l'héliotropisme chez les animaux et les plantes 231
Hémolyse. — Influence de la concentration saline sur l'hémolyse 195
Herbicides. — Les herbicides à base d'arsenic . . . 265
Hérédité. — L'hérédité de la couleur chez le *Carausius morosus* (insecte baguette) 659
Houille. — La houille blanche et la houille grise en Russie **371**
Huiles. — L'oxydation des huiles et des acides gras. 164
— Les huiles siccatives polymérisées 164
Hydrogène. — La fabrication de l'hydrogène pour le gonflement des ballons **339**
Hydroquinone. — Modifications du pouvoir développateur de l'hydroquinone, résultant des substitutions effectuées dans le noyau aromatique 39
Hygiène. — Législation de l'Hygiène publique en France 127
Hypoacousies. — Traitement des hypoacousies consécutives à des blessures de guerre 530, 562

I

Imperméabilisation. — Imperméabilisation des draps et tissus militaires 128, 448, 721
Impressions. — L'état actuel de l'industrie des impressions photomécaniques **207**

INCENDIE. — A propos de l'incendie de la *Touraine*: l'emploi des gaz brûlés à l'extinction des incendies, et aussi à la fumigation. 167
INDIGO. — Sur la réduction catalytique de l'indigo et des colorants pour cuve 194
INDO-CHINE. — Mémoires du Service géologique de l'Indo-Chine 319
INDUSTRIE. — Le rôle de la science dans la lutte contre l'industrie allemande 328
INGÉNIEURS. — Formules, recettes, procédés à l'usage des ingénieurs. 349
INSECTES. — La construction des nids chez les insectes **85**
— L'origine des sociétés d'insectes **159**
INSTITUT. — Un institut africain de Technologie agricole et de recherches scientifiques **130**
INSTITUTIONS. — Les effets de la guerre sur quelques institutions scientifiques internationales. 1
INTÉRÊTS. — Table auxiliaire d'intérêts composés . . 62
INVOLUTION. — La simplification des opérations arithmétiques de l'involution et de l'évolution. . . . 261
IODE. — L'emploi de l'iode comme antiseptique sous forme solide 4
IONISATION. — Les potentiels d'ionisation du mercure, du cadmium et du zinc et les spectres à une seule et à plusieurs lignes de ces éléments 563
ISLANDE. — The Botany of Iceland 445
ISOLANT. — Un nouvel isolant calorifique, le fibrox . 327
ISOLEMENT. — Isolement électrolytique du fil d'aluminium. 455

J

JEU. — Le jeu, la chance et le hasard. 61

K

KENOTRON. — Redresseur et amplificateur thermoioniques : le Kenotron et le Pliotron. 421

L

LAIT. — L'analyse capillaire du lait. 360
LAMES. — Conductibilité intermittente des lames minces diélectriques. 64
LAMPE. — L'utilisation de la lampe au tungstène à atmosphère d'azote en photographie. 390
— La lampe à arc à vapeur de cadmium 567
— Nouvelle lampe à arc à électrodes inusables . . 695
LÉPIDOPTÈRES. — L'influence de la pression barométrique et de la température sur le développement des Lépidoptères. 537
LILIACÉES. — Origine staminale du périgone des Liliacées. 560
LIMONS. — Etude sur la formation des limons et leur charriage par les cours d'eau dans les Alpes et les Pyrénées. 287
— Etude sur la valeur agricole des limons charriés par les cours d'eau des Alpes et des Pyrénées. . 288
LIQUÉFACTION. — Sur la liquéfaction industrielle de l'air 692
LIQUIDE. — Sur le flux des liquides visqueux à travers des tubes circulaires lisses 130
LOCALISATION. — Localisation des projectiles et examen des blessés par les rayons X **5**, **315**, **169**, 162, 193, 227, 566
— Par l'électro-aimant. 353, 662
LUBRIFICATION. — La lubrification par le graphite colloïdal 453
LUMIÈRE. — L'esthétique de la lumière. 32
— La lumière électrique et ses différentes applications au théâtre. Installation et entretien 126
— Mesures quantitatives de l'absorption de la lumière. I. Les extinctions moléculaires des cétones aliphatiques saturées 131
— L'équivalent mécanique de la lumière 598
LUNETTE. — Sur l'examen rapide des lunettes et télescopes. 724

M

MADAGASCAR. — L'industrie minérale à Madagascar. I. — Minerais métalliques **617**
II. — Minéraux non métalliques **639**
MAGNÉTISME. — La variation magnétique diurne lunaire et son changement avec la distance de la Lune. 259
MAGNÉTISME. — Les figures magnétiques « caractéristiques » antarctiques et internationales 260
— La nature des particules magnétiques ultimes . . 454
MALARIA. — La transmission de la malaria par les moustiques aux Philippines. 330
MATHÉMATIQUES. — Leçons de Mathématiques spéciales 284
MATIÈRE. — The Electron theory of Matter 285
MÉCANIQUE. — Sur les principes de la Mécanique . . **75**
— Cours de Mécanique. 318
— Notes de Mécanique sociale : L'Energie universelle. **135**
MÉDAILLES. — Les médailles de la Société Royale de Londres 661
MERCURE. — Un procédé simple de purification du mercure. 494
MÉTALLURGIE. — Données numériques de l'Art de l'ingénieur et de la Métallurgie 484
MÉTAUX. — L'action de l'acétylène sur les métaux. . 455
MIMÉTISME. — Le mimétisme chez les serpents . . . 425
MINÉRALOGIE. — Données numériques de Cristallographie et de Minéralogie 624
MINÉRAUX. — I Minerali. 526
MINES. — Les mines sous-marines fixes. **200**
— L'électricité et les mines sous-marines. **300**
MIRACLE. — Le miracle français 488
MONDE. — Le Système du monde, des Chaldéens à Newton 155
MOTEURS. — L'emploi des moteurs à naphtaline en Allemagne. 325
— Le moteur à explosion. 444
MOUCHE. — The house-fly. 157
— Destruction des mouches et désinfection des cadavres dans la zone des combats 384
— Production et auto-destruction par le fumier de cheval des mouches domestiques 562
MOUSTIQUES. — La sélection des couleurs par les moustiques. 135
— La transmission de la malaria par les moustiques aux Philippines 330
MOUVEMENT BROWNIEN. — Cinématographie du mouvement brownien. 568
MUSC. — La perte de poids du musc dans un courant d'air sec 632
MUSCLE. — La balance osmotique du muscle squelettique. 290
MUSEUM. — Forty-Sixth Annual Report of the Trustees of the American Museum of Natural History for the year 1914. 690
MUTILÉS. — La rééducation des mutilés 288, 320, 385, 417

N

NAPHTALINE. — L'emploi des moteurs à naphtaline en Allemagne 325
NÉGATIONS. — Série de négations. **167**
NICKELAGE. — Nickelage direct de l'aluminium. . . . 695
NIDS. — La construction des nids chez les insectes. . **85**
NITRATES. — La production des nitrates aux dépens de l'air, en particulier avec un nouveau four électrique. 164
— Sur la préparation des nitrates alcalins en partant du nitrate de chaux. 658
NITRITE. — Fabrication du nitrite de soude 420
NOMADISME. — Le nomadisme est-il héréditaire ?. . . 296
NOMBRES. — Les fondements de la Théorie des nombres **504**

O

OBSERVATOIRE. — Relatorio do Observatorio Campos Rodrigues em Lourenço Marques, Ano de 1913. . 223
ONDES. — La transmission des ondes électriques sur la surface de la Terre 194, **570**
— Les ondes électromagnétiques dans un tube parfaitement conducteur. 194
OPÉRATIONS. — Théorie et pratique des opérations financières 126
— Le rôle de la géologie dans les opérations militaires. 198
ORBITOÏDES. — Les Orbitoïdes 594, 722
OS. — La fragilité héréditaire des os 664
— Industrie des os, des déchets animaux, des phosphates et du phosphore. 690
OSSÉINE. — L'osséine, substance alimentaire 353, 531, 562

P

Pain. — L'utilisation de la farine de riz dans la fabrication du pain 295, 353
— A propos du pain destiné aux prisonniers de guerre 490
— La valeur alimentaire des divers types de pain. . **612**
Panification. — La doura comme succédané du blé dans la panification. 495
Paralysies. — Procédé simple pour l'examen électrique des paralysies 489
Parc. — Origin of the Scenic features of the Glacier National Park 414
— The fossil forests of the Yellowstone National Park 444
Peau. — Contribution à nos connaissances sur la chimie de la coloration de la peau chez les animaux et sur le blanc dominant et récessif. 323
Pellagre. — Sur la nature infectieuse de la pellagre. 256
Perméabilité. — Quelques expériences récentes sur la perméabilité élevée dans le fer 420
Phénomène. — Une explication possible du phénomène de Hall et du phénomène d'Ettingshausen. 385
— Le rôle de la pression dans les phénomènes chimiques. **551**
Phosphates. — Le traitement au four des phosphates naturels, pour leur utilisation comme engrais . 73
— Industries des os, des déchets animaux, des phosphates et du phosphore. 690
Photographie. — La photographie à la lumière artificielle 30
Phototélégraphie. — Principe d'un nouveau récepteur visuel de phototélégraphie 390
Phototropie. — Sur la phototropie des systèmes inorganiques. Système du sulfure de calcium 560
Physique. — Guia de Trabalhos praticos de Fisica. Calor. 223
— Cours de Physique 349
Phytopathologie. — Revue de Phytopathologie . . **51**
Pile. — Une nouvelle sorte de pile 195, 197
Pisciculture. — La pisciculture industrielle 189
Plaies. — Désinfection et traitement des plaies, 98, 128, 192, 321, 353, 418, 489, 529, 562, 595
Planètes. — L'avenir des planètes 693
Plaques. — Influence de l'humidité et de la température sur la sensibilité des plaques. 568
Platine. — Dérivés complexes du platine . 449, 691, 721
Pliotron. — Redresseur et amplificateur thermo-ioniques : le Kenotron et le Pliotron. 421
Poids atomique. — L'inertie électromagnétique et le poids atomique. 260
— Le Rapport du Comité international des poids atomiques pour 1916. 663
Poisons. — Poisons de flèches et poisons d'épreuve. . 224
Poissons. — Les changements de couleur et de dessin chez les poissons et l'adaptation 392
Poliomyélite. — Sérothérapie de la poliomyélite. . 658
Polyscope. — Le polyscope. 164
Potasse. — Les gisements de sels potassiques de l'Espagne. 391
— La question des engrais de potasse et les gisements de sels potassiques de l'Alsace. 495
Potentiel. — Interprétation concrète des potentiels thermodynamiques. 66
Pou. — Recherches sur le développement du pou. . . 696
Pouvoir diathermane. — Sur la correction de l'erreur introduite par la cuve dans la détermination du pouvoir diathermane des liquides 530
Précipitation. — La précipitation électrique des particules suspendues dans les fluides. 168
Pression. — Le rôle de la pression dans les phénomènes chimiques. **551**
Prix. — Les prix Nobel pour 1914 et 1915 629
Projecteurs. — Les projecteurs lumineux en temps de guerre. 70
— Calcul de la portée des projecteurs de guerre sur terre et sur mer. 97
— Sur l'effet utile des projecteurs. 128
— Les projecteurs électriques **518**
Projectiles. — La localisation des projectiles dans le corps des blessés par la radiographie Méthode Colardeau. **5**
— Méthode Hirtz **345**
— « Guilloz. **469**
— Autres méthodes 162, 193, 227, 566, 722
— Localisation et extraction des projectiles par l'électro-aimant 257, 353, 662
Protection. — La protection de l'enfance pendant la première année de guerre dans le camp retranché de Paris. . . . . [illegible]

Q

Québec. — Les minerais de fer de la province de Québec . . . . . [illegible]

R

Radiations. — Radiations visibles et invisibles . . . 285
— Méthode pour calculer les coefficients d'absorption de la radiation X homogène 429
— Les radiations des atomes explosifs. **198**
— La radiation et la convection d'un fil chauffé dans une enceinte 600
Radioactivité. — Etude de l'effet photographique des atomes qui subissent le recul radioactif. 195
— L'emploi des substances radioactives comme engrais 329
— Données numériques de Radioactivité, Atomistique, Electronique et Ionisation. 689
Radiographie. — La localisation précise des projectiles dans le corps des blessés par voie radiographique ou radioscopique. **5, 345, 469,** 162, 227, 566
— Exécution rapide des épreuves radiographiques. 134
Radiologie. — Pellicule de gélatine souple et ininflammable pour la Radiologie. 39
Radioscopie. — Détermination de la position des projectiles dans le corps humain par la radioscopie. 193, 722
Radiotélégraphie. — Observations sur les perturbations des communications radiotélégraphiques. 566
Radis. — Recherches morphologiques et biologiques sur les radis cultivés 488
Radium. — Les constantes du radium. 358
Ration. — La ration actuelle du soldat en campagne. 490
Rayons. — Contribution à l'étude des actions physiologiques de la lumière. Action des rayons ultraviolets sur les hydrates de carbone. 62
Tubes à rayons X en métal. 197
— L'ampoule à rayons X de Coolidge. 326
— Quelques effets secondaires des rayons Rœntgen. 359
— Le passage des rayons α à travers les cristaux . 359
— Sur le spectre des rayons X secondaires homogènes 384
— L'absorption par le plomb des rayons γ émis par le radium B et le radium C. 451
— Rayons X et structure cristalline. 624
— Rayons X et structure cristalline. I. Rayons X. . **645**
II. Structure cristalline. . **678**
Réactions. — Cinétique des réactions photochimiques. 287
Reboisement. — L'œuvre du reboisement en Algérie. 168
Rééducation. — La rééducation professionnelle et la réadaptation au travail des estropiés et des mutilés de la guerre 288, 320, 385, 417
Résonance. — Quelques remarques sur l'absorption et la résonance des gaz. 258
— Observations sur les radiations de fluorescence et de résonance de la vapeur de sodium. 387
Retour. — Le retour par la terre dans les transports d'énergie électrique. 534
Revue. — Revue de Chimie minérale **20**
— Revue de Phytopathologie **51**
— Revue d'Agronomie. **116**
— Revue annuelle de Géologie **306**
— Revue annuelle d'Astronomie (1914) **407**
— Revue de Botanique **473**
— Revue de Chimie physique. **583**
Rhum. — La fabrication du rhum **165**
Riz. — La culture du riz en Europe. **15**
Russie. — Les communications de la Russie et de la Sibérie avec l'Europe. 105
— Les colonies allemandes en Russie 170
— La houille blanche et la houille grise en Russie. **371**
— La Russie et la guerre 446

S

Sang. — Traité du sang 416
— Le mécanisme de contrôle de la teneur en corpuscules rouges du sang 664
Saturation. — Des chaleurs de saturation de quelques sels alcalins 594, 626, 721

SAUTERELLES. — Sur le procédé biologique de destruction des sauterelles 626
SAUVETAGE. — Le sauvetage des équipages après les batailles navales 101
SAVOIE. — Géologie des chaînes jurassiennes et subalpines de la Savoie 62
— Les torrents de la Haute-Savoie 719
SCIENCE. — Un précurseur français de la science expérimentale moderne, Jacques Rohault **267**
SCINTILLATION. — Rech. sur la scintillation 320
SÉCRÉTIONS. — Les sécrétions internes 285
— Comment s'est formée et comment a évolué la notion de sécrétion interne **368**
SELECTION. — Controlled natural selection and value marking 63
SÉLÉNIUM. — Sur une variété de sélénium particulièrement sensible à la lumière. Application à la construction de cellules pour photométrie 66
SEMENCES. — Nouvelle méthode pour déterminer rapidement la vitalité des semences 135
SERPENTS. — Le mimétisme chez les serpents 425
SÉRUM. — Détermination de la valeur immunisante et curative du sérum antitétanique 449
SERVICE MILITAIRE. — De l'aptitude visuelle au service militaire 258
SIBÉRIE. — Les communications de la Russie et de la Sibérie avec l'Europe 105, 600
— La colonisation intérieure en Sibérie en 1913 . . 266
SIDÉRURGIE. — La sidérurgie mondiale depuis la guerre **272**
SIGNAUX. — Les signaux sonores et les zones de silence 38
SILENCE. — Les signaux sonores et les zones de silence 38
SIRÈNE. — Sirène harmonique à corde. Mesure du module d'Young 691
SOLDAT. — La ration du soldat en temps de guerre . 104
SOLUTIONS. — L'étude des solutions troubles 567
SONS. — Influence du timbre et de l'intensité sur la localisation des sons 136
— Sur la vitesse du son dans les mélanges gazeux . 287
SOUS-MARINS. — Sous-marins et submersibles 590
— La commande des moteurs employés à bord des sous-marins allemands 661
SPECTRE. — Orbites électroniques approximativement permanentes et origine des séries spectrales. 162
— Un nouveau type de séries dans le spectre de bandes associé à l'hélium 228
— Les spectres du plomb ordinaire et du plomb d'origine radioactive 228
— Relation entre le spectre d'émission d'un composé et le spectre d'absorption qu'il fournit en solution. 262
— Sur la loi de dispersion des spectres prismatiques. 384
— Sur une formule de réduction des spectres prismatiques 384
— Applic. des méthodes d'interférence à l'étude de l'origine de certaines lignes spectrales 452
— L'extension du spectre au delà de la région de Schumann 493
— Sur un spectre associé au carbone, en relation avec celui des étoiles Wolf-Rayet 563
— Les séries élargies de lignes dans les spectres des terres alcalines 563
— Investigaciones experimentales sobre los espectros de la descarga oscilante 590
SPECTROSCOPIE. — The Spectroscopy of the extreme ultraviolet 318
— Données numériques de Spectroscopie 381
SPERMATOZOÏDES. — Le dimorphisme dimensionnel des spermatozoïdes et ses relations avec les chromosomes 169
STÉRÉO-RADIOSCOPIE. — Stéréo-radioscopie. Procédés nouveaux 564
SUCRE. — Les répercussions de la guerre de 1914 sur l'industrie du sucre 294
SUISSE. — Atlas graphique et statistique de la Suisse. 126
SULFATES. — Les sulfates monocliniques contenant de l'ammonium. Achèvement de la série des sulfates doubles 563
SURFACES. — Leçons sur la Théorie générale des surfaces et les applications géométriques du Calcul infinitésimal 558
SURVOLTAGE. — Le survoltage 67
SYNTHÈSE. — La synthèse minérale au point de vue de ses méthodes **391**

T

TABLES. — Alcoholometric Tables 558
TACHES. — Sur les variations des rapports entre facules et taches solaires 658
TARIFICATION. — La tarification de l'électricité . . **576**
TAUTOMÈRES. — Méthode pour distinguer les substances tautomères, isomères et polymères des substances polymorphes 535
TCHAD. — Mission Audoin pour le ravitaillement de la région orientale du Territoire du Tchad . . 138
TÉLÉGRAPHIE. — Sur un courant alternatif non interrompu pour la télégraphie par câble 532
TÉLÉPHONIE. — L'inauguration de la téléphonie transcontinentale aux Etats-Unis 103
— La téléphonie et les autres moyens d'intercommunication dans l'industrie, les mines et les chemins de fer 484
— Un grand progrès de la téléphonie sans fil . . . 599
TEMPÉRATURE. — La température en Afrique occidentale et équatoriale 529
TENSION SUPERFICIELLE. — La tension superficielle des corps amorphes 390
TÉRATOGENÈSE. — La Tératogenèse, étude des variations de l'organisme 382
TERRE. — Les propriétés mécaniques de la Terre . . 533
— Le prétendu desséchement progressif de la Terre 569
TÉTANOS. — Traitement du tétanos . . . 37, 64, 192, 449
— Sur le tétanos tardif 562
— Sur le tétanos localisé 691
THYMUS. — L'appareil thymothyroïdien : thyroïdes, parathyroïdes, thymus 190
THYROIDES. — L'appareil thymo-thyroïdien : thyroïdes 190
TIR. — Le tir indirect en 1915 . . . . . **297**
TITANE. — L'influence du titane sur les propriétés de l'acier 568
TOILE. — Sur l'altération dite piqûre des toiles de tente et des toiles à voile 34
TONS. — Sur les théories de Voight et d'Everett relatives à l'origine des tons de combinaison 355
TOURBE. — Les problèmes techniques de l'utilisation de la tourbe 262
TRANSFORMISME. — Transformisme et créationnisme 31
TRANSPORTS. — Le retour par la terre dans les transports d'énergie électrique 534
TRAVAIL. — L'influence du climat sur le travail . . . 457
TREMBLEMENTS DE TERRE. — Sur les derniers tremblements de terre de Thèbes 64
— Le tremblement de terre de la Marsique (Italie centrale) du 13 janvier 1915 . . . . . **146**, 159
— Tremblements de terre divers 418, 448, 490
TURQUOISE. — The Turquoise 591
TYPHOIDE. — Voir Fièvre typhoïde . . . . . .
TYPHUS. — Les risques d'épidémie de typhus exanthématique et de typhus récurrent dans nos armées en campagne et les mesures à prendre pour les en préserver 40

U

URUGUAY. — La Instruccion primaria en la República oriental del Uruguay 255

V

VACCINATION. — Vaccination antityphique et antiparatyphique 384, 530, 531, 659
VANILLES. — Sur trois types de vanilles commerciales de Tahiti 560
VÉGÉTATION. — La végétation d'avant-garde du volcan Taal 198
VÉGÉTAUX. — Mission Émile Perrot pour l'étude des végétaux utiles de l'Afrique équatoriale 424
VENTILATION. — La ventilation et les effets du grand air et du vent sur les échanges respiratoires . . 497
VERRE. — Les causes de l'opalescence du verre . . . 323
VIE. — Conception mécanique de la vie 255
— La structure moléculaire et la vie 632
VIN. — Le vin désalcoolisé 536
VISCOSE. — L'emploi de la viscose comme enveloppe pour les saucissons 104
VISCOSITÉ. — La viscosité de la vapeur d'iode 228
VISIBILITÉ. — La visibilité des objets à distance dans l'art militaire 565
VOCABULAIRE. — Vocabulaire français-chinois des Sciences mathématiques, physiques et naturelles 559
VOILE. — Le voile dicroïque 599
VOLCAN. — La végétation d'avant-garde du volcan Taal 198

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS[1]

A

Achard (Ch.), 385, 562, **676** à **678**.
Addenbroke (G. L.), 291.
Agnus, 417.
Agulhon (H.), 258.
Albrecht (Th.), 593.
Alden (W.-C.), 414.
Alexinsky (Grégoire), 446.
Allen (H. S.), 419.
Amagat (E. H.), 160.
Amar (J.), 64, 320, 417, 572.
Ancel (Louis), 35, 66.
André (G.), 223, 724.
Anthony (R.), 530.
Arabu (N.), 352.
Archbutt (S. L.), 484.
Arctowski (H.), 626, 658.
Ariès (E.), 413.
Armagnat (H.), 526.
Armand-Delille (P.), 595.
Arnaud (G.), 225.
Arrous (J.), 627.
Arthus (Maurice), 190, 286.
Artini (E.), 526.
Aten (A. H. W.), 324.
Athias (M.), 531.
Aubel (E.), 626.
Aubertin (Ch.), 258.
Aubry (A.), 159, 417, 448, 489, 560, 593, 626.
Auger (V.), 228.
Auwers (G. J.), 191.
Ayrton (Mme H.), 387.

B

Baat (Mlle W. C. de), 356, 492, 627.
Babinski (J.), 98.
Bachelier (L.), 61.
Back (M.), 290.
Backer (H. J.), 324.
Bailhache (G.), 627.
Bailly (O.), 159, 256, 353, 722.
Baker (H. B.), 68.
Bakhuyzen (G. van de Sande), 195.
Baldet (F.), 561.
Ballet (Gilbert), 192, 257, 449, 531.
Balta R. de Cela (J.), 444.
Barat (L.), 659.
Barbé (H.), 94.
Barcroft (J.), 290.
Barge (A. J.), 628, 660.
Barker (T. V.), 132.
Barnard (E. E.), 594.
Barratt (T.), 163, 660.
Barrelet (A.), **101** à **107**.
Barrier (G.), 321.
Barriol (A.), 126, 413.
Bary (Paul), 721.
Basset (J.), 226.
Baudouin (M.), 161.
Bauer (Ed.), 320.
Bazy, 64, 65.
Beard (E.), 386.
Beauvy, 35.
Beclère, 99, 227.
Belbèze (R.), 98.
Belot, 257.
Benisty (Mme A.), 226.
Bérard (L.), 562.
Bergansius (F. L.), 628.
Berget (A.), 94, 384.
Bergonié (J.), 160, 257, 353, 417, 594, 658, 722.
Bernard (L.), 595.
Berthelot (Daniel), 227, 257, 287, 353, 560.
Berthoud (A.), **583** à **589**.
Bertin (L. E.), 159, 256.
Besredka (A.), 385.
Betim (A.), 560.
Beyerinck (W.), 324, 660.
Bezault (B.), 127.
Bhattacharyya (D. N.), 660.
Bickerton (A. W.), 164.
Bigourdan (G.), 97, 128, 159, 256, 320, 529, 724.
Billon-Daguerre, 489.
Bissett (C. C.), 100.
Blaizot (L.), 722.
Blanchard (R.), 65.
Blayac (J.), 631.
Blin (Henri), 497.
Bloch (E.), 285, 319.
Bloch (L.), 225, 258, 321.
Block (H. G.), 34.
Blondel (André), 97, 128.
Blondel (G.), **113** à **116**.
Blondel (H.), 626.
Blutel (E.), 284.
Bodroux (F.), 159, 530.
Boeke (J.), 388, 596.
Boer (S. de), 492, 596, 628.
Boeseken (J.), 196, 356.
Bogitch (B.), 417, 594, 658.
Bois (D.), 560.
Bois (H. du), 387.
Bokhorst (S. C.), 324, 388, 596.
Bolk (L.), 628.
Bone (W. A.), 260, 291.
Bonnefon, 691.
Bonnier (P.), 127.
Bordage (Edmond), 383, 530, 561.
Bordas (F.), 33, 97, 418, 449, 489, 561.
Borel (Em.), 30, 413.
Bosch (J. C. van den), 324.
Bose (J. Ch.), 194.
Bosler (J.), 34, 128, 257.
Bouchard (Ch. J.), 658, 659.
Bouchet (L.), 160, 320.
Bougault (J.), 128, 352, 386.
Bourcart, 192.
Bourges (H.), 449, 450.
Bourion (F.), 689.
Bourquelot (Em.), 159, 417, 448, 489, 560, 593, 626.
Boussinesq (J.), 417.
Boutaric (A.), 73, 97, 103, 285, 350, 384, 663.
Bouthillon (L.), 448, 721.
Bouty (E.), 99.
Bouvier (E. L.), 158, 191, **634** à **639**.
Bouvier (M.), 352.
Bouzansky (Mme), 418.
Boyer (Jacques), 155, **712** à **718**.
Brachet (A.), 65, **512** à **517**, 593.
Bradbury (H.), 100.
Bradshaw (L.), 36.
Bragg (W. H.), 624.
Bragg (W. L.), 624.
Braive (Jean), 253.
Brandt, 129.
Branly (Ed.), 64.
Braude (L.), 689.
Bremekamp (C. E. B.), 564.
Bresson (Henri), 318.
Bridel (M.), 159, 448, 489.
Brillouin (Marcel), 322.
Briner (Em.), **551** à **557**.
Brinkworth (J. H.), 451.
Briscoe (H.-V.-A.), 131.
Brochet (André), 191, 228.
Brocq, 33.
Brouwer (H. A.), 196, 356, 564.
Brouwer (L. E. J.), 595.
Bruère (S.), 449, 489, 561.
Bruin (G. de), 196, 388.
Bruins (Mlle E. D.), 628.
Brulé (M.), 659.
Brunet (Louis), **90** à **93**, 127, 488, 527, 559, 592, 624, **615** à **655**, **678** à **688**, 721.
Bruninghaus (L.), 381.
Büchner (E.-H.), 660.
Burali-Forti (C.), 526.
Burgess (M.-J.), 68.
Burnet (Et.), 692.
Busquet (H.), 256, 448.
Bytel (J.), 628.

C

Cabannes (J.), 97.
Cabrera (Angel), 527.
Calfas (P.), **518** à **525**.
Callendar (H. L.), 291.
Camichel (C.), 97, 593, 594.
Campbell (C.), 36.
Campbell (M. R.), 414.
Camus (F.), 449.
Camus (J.), 385, 627.
Camus (L.), 354, 692, 723.
Caralp (J.), 191.
Carré (P.), 253.
Carnot (P.), 33, 128, 192, 225.
Carrasco (P.), 721.
Carrel (Al.), 595.
Caullery (M.), 723.
Chabanier (H.), 258, 532.
Chantemesse (A.), 562.
Chapman (S.), 259.
Chappell (E.), 290.
Charabot (E.), 253.
Chautard (J.), 98.
Chauveau (A.), 33.
Chemineau, 659.
Chesneau (G.), 189, 352.
Chevalier (S.), 287.
Chiray (M.), 288.
Choux (P.), 95.
Chree (C.), 260.
Chudeau (R.), 529, 593.
Clack (B.-W), 67.
Clarens (J.), 448.
Claude (H.), 692, 723.
Cluzet (J.), 489.
Coffin (J.-G.), 349.
Cogan (K.-M.), 290.
Cohen (Ernst), 196, 324, 356, 388, 492, 564, 596, 628.
Cohen (W. D.), 356.
Colardeau (E.), **5** à **14**, 99
Colin (H.), 418, 626, 722.
Colson (A.), 594, 626, 721.
Comas Sola (J.), 256, 529.
Comstock (G.-F.), 132.
Copaux (H.), 33.
Coquidé, 160.
Cortez (A.), 223.
Costa (S.), 450, 723.
Costantin (J.), 560.
Costanzo (G.), 223.
Cottin (Mlle), 595.
Cotton (A.), 66.
Coupin (A.), 321.
Coupin (H.), 257, 721.
Courant (Maur.), 559.
Courtot (Ch.), 288.
Coustet (Ernest), 31, 126, **207** à **218**, 231, 327, **345** à **348**, 422, 535, **576** à **582**, 600.
Cramer (W.), 386.
Crendiropoulo, 450.

1. Les noms imprimés en caractères gras sont ceux des auteurs des articles originaux. Les chiffres gras reportent à ces articles.

Crile (G. W.), 161.
Crofts (J. M.), 36.
Crommelin (C.-A.), 160, 388, 628.
Crookes (Sir W.), 70.
Crouzel (Ed.), 489.
Cruikshanks (G. S.), 132.
Cuénot (L.), 32, 63, 255, 415.
Curchod (Ad.), 526
Curie (Mme), 99.

D

Daish (A.-J.), 36.
Dakin (H.-D.), 530, 595.
Dalloni (M.), 722.
Danysz (J.), 65, 128.
Darboux (G.), 558.
Darmezin du Rousset, 192.
Darragh (Mlle M.), 355.
Dastre (A.), 562.
Daufresne, 595.
Daumézon (G.), 160.
Dauvillier, 691.
Debat (F.), 98.
Debierne (A.), 594.
Déchelette (Joseph), 351.
Dehelly, 595.
Dejerine, 98.
Dejust (J.), 626.
Delbet (P.), 35, 256, 257, 321, 417, 418, 561, 562.
Delens (P.), 223.
Delezenne (C.), 129.
Delorme (Ed.), 98, 128, 161, 257, 560.
Demenge (Emile), 94, 155, 157, 189, **272** à **278**, **127** à **130**, 484.
Démolis (E.), 253.
Demoussy (E.), 626.
Denis (Ernest), 488.
Deprat (J.), 319, 352, 448, 489.
Desch (C.-H.), 292.
Desmoulins, 191.
Devraigne, 385.
Dhar (N.), 660.
Diakonoff (Mlle), 531.
Dieperink (J.-W.), 195.
Distaso (A.), 385, 531.
Dixon (H.-B.), 36.
Docters van Leeuwen (J.), 596.
Dorsman (C.), 388, 628.
Douvillé (H.), 529, 594, 722.
Doyen, 35.
Drapier (M.), 626, 723.
Droogluver Fortuyn (A.-B.), 596.
Droste (J.), 388.
Dubarry (J.-P.), 384.
Dubois (R.), 723.
Ducosté (M.), 532.
Dudding (B.-P.), 291.
Dujarric de la Rivière (R.), 353, 723.
Dulieux (P.-E.), 559.
Dumas, 595.
Duponchelle (J.), 94.
Dupoux, 128.
Dupuy (E.-L.), 130.
Dussaud (F.), 256.
Dustin (A.-P.), 593.
Dutoit (P.), 689.

E

Echegaray (J.), **107** à **113**.
Eginitis (D.), 64, 418, 490.
Ehrenfest (P.), 356, 492, 564, 627.
Ehrenfest-Afanassjewa (Mme H.), 323.
Einstein (A.), 596.
Einthoven (W.), 628.
Elias (J.), 196, 627.
Entwistle (F.), 563.
Espine (Ad. d'), 595.
Evan (E.-V.), 100.
Ewart (A.-J.), 290.
Eydoux, 97.

F

Fabre (Henri), 626.
Fabry (L.), 626.
Faidherbe (P.), 385.
Fernandez Navarro (L.), 719.
Fiek (G.), 484.
Fildes (P.), 131
Finlay (C.), 658.
Finot (Jean), 447.
Fleurent (E.), 490.
Fleury (M. de), 65, 226, 321, 490.
Floquet (G.), 689.
Fontaine Schluiter (J.-J. de la), 356.
Fonzes-Diacon, 288.
Forcrand (H.-R. de), 287.
Foster (H.-S.), 323.
Fournier (Alfred), 65.
Fournier (M.), 33.
Fourniols (A.), **245** à **252**, **339** à **345**.
Foveau de Courmelles, 193.
Fowler (A.), 228.
Franchimont (A.-P.-N.), 324.
François (L.), 349.
Frankamp (Mlle C.-A.), 628.
Frasey (V.), 65, 593.
Frouin (A.), 258.

G

Gachet (Dr), 289.
Gaillard, 287.
Gain (Ed.), 129, 224, 255, **280** à **283**.
Galippe (V.), 321, 529.
Galitzine (B.), 159, 448, 561.
Gallé (P.-H.), 492.
Gard (M.), 489.
Garrigou (F.), 530.
Gaté (J.), 627.
Gaucher, 321.
Gautier (Armand), 129, 159, **267** à **272**, 490.
Gautrelet (J.), 385.
Gélat (M.), 532.
Gentil (L.), 418, 529.
Germann (F.-E.-E.), 64.
Géry (L.), 161.
Gibon, 561.
Gignoux (M.), 63.
Gilbert (A.), 98, 416.
Ginestous (E.), 258.
Giolitti (Fréd.), 155.
Giraud (Victor), 488.
Girode, 35.
Gizolme (L.), 562.
Glagolew (M.), 384.
Glénard (F.), 65.
Gley (E.), 98, 258, 285, 354, **368** à **374**.
Glover (J.), 384.
Godin (Paul), 33.
Goodey (T.), 195.
Goubert (G.), 161.
Goudriaan (F.), 627.
Gouré de Villemontée (G.), 418.
Grahl (G. de), 188.
Gramont (A. de), 381, 591.
Grandidier (G.), **617** à **623**, **639** à **641**.
Granger (Albert), 67, 95.
Gravier (Ch.-J.), 128, 226, 385.
Gray (Th.), 132.
Grey (E.-Ch.), 36.
Griffiths (E.), 452.
Griffiths (E.-A.), 452.
Grignard (V.), 288.
Grimbert (L.), 159, 490.
Gross (G.), 288.
Grossmann (J.), 420.
Guéguen (F.), 34.
Guépin, 256.
Guignard (L.), 257, 722.
Guilbaud, 560.
Guillet (A.), 159.
Guillet (L.), 691.
Guilliermond (A.), 354, 626, 691, 692.
Guilloz (Th.), 627.
Gutton (C.), 529.
Guye (Ch.-Eug.), 490, 689.
Guye (Ph.-A.), 64.
György (P.), 35.

H

Haag (J.), **75** à **85**.
Haas (H.-K.), 628.
Haas (W.-J. de), 388, 596, 660.
Haas-Lorentz (Mme G. L.), 660.
Haga (H.), 196.
Hale (A.-J.), 323.
Hall (E.-H), 385.
Hall (J.-H.), 132.
Haller (A.), 320.
Hallimond (A.-F.), 163.
Hamburger (H.-J.), 564.
Hamy (Maurice), 193, 384.
Hanriot (M.), 253.
Hariot (P.), 96, 446, 488.
Hartmann (H.), **171** à **175**, **233** à **238**.
Hartridge (H.), 387.
Hatt (Ph.), 626.
Haug (Em.), 691.
Haworth (W. N.), 131.
Hayem (G.), 658.
Hébert (A.), 253.
Heckel (Ed.), 97, 593.
Heim (A.), 594.
Heim (F.), 191.
Helderman (W.-D.), 324, 356, 492, 564, 628.
Hemmerlé (Mlle R.), 128.
Henderson (J.-P.), 563.
Henneguy (L.-F.), 226.
Henny (G.), 191, 226.
Henri (V.), 97.
Hérelle (F. d'), 161, 626.
Heriot (T.-H.-P.), 292.
Heron-Allen (E.), 291.
Hewitt (C. Gordon), 157.
Hicks (W.-M.), 260, 563.
Hill (A.-V.), 387.
Hill (G.-W.), 191.
Hinrichsen (V.), 484.
Hittorf (W.), 191.
Hoeflake (Mlle J.-M.-A.), 492.
Hof (K.), 196.
Hollande (A.-Ch.), 627, 691.
Holleman (A.-F.), 356, 388, 492.
Holst (G.), 196, 324, 388, 628.
Horsburgh (E.-M.), 381.
Horton (F.), 355.
Houllevigue (L.), **200** à **707**.
Hubert (H.), 160, 530, 560.
Hugounenq (L.), 31.
Hyland (J.), 164.
Hymans van den Bergh (A.-A.), 356.

I

Ibarra-Loring (E.), 532.
Iterson jr (G. van), 660.

J

Jackson (Mlle A.), 659.
Jaeger (F.-M.), 196, 324, 564, 596, 660.
Janet (P.), 350.
Jenkin (C.-F.), 451.
Jevons (V.), 163.
Jollivet (Gaston), 528.
Jones (B.-M.), 36.
Jones (Walter), 31.
Jong (A.-W. K.), 660.
Jongh (A.-W.-K.), 564.
Jordan (C.), 64.
Josué (O.), 449.
Jousset (A.), 161.
Juéry, 162.
Jumelle (Henri), **15** à **20**, 129, 255.
Jungelson (A.), 129, 287.

K

Kahn (Jul.), 196, 596, 660.
Kapteyn (W.), 195.
Karajanopoulo, 561, 563.
Kato (T.), 290.
Katz (J. R.), 324, 492.
Kayser (E.), 256, **165** à **168**.

Keene (H.-B.), 194.
Keeney (Rob. M.), 350.
Keesom (W.-H.), 356, 628.
Keilin (D.), 227
Kennedy (R.), 291.
Kent (A.-H.-S.), 291.
Kerforne (F.), 34, 721.
Kilian (W.), 529.
King (H.), 68.
Kling (A.), 33.
Kluyver (J.-C.), 356.
Knowlton (F.-H.), 444.
Kohn-Abrest (E.), 561.
Koorders (S.-H.), 660.
Kruyt (H.-R.), 196, 492.
Ktenas (C.-A.), 352.
Kuenen (J.-P.), 388, 492.
Kuiper Jr (K.), 388, 628.
Kuypers (H.-A.), 196.

L

Laar (J.-J. van), 196, 356, 627.
Labbé (H.), 354.
Laborde (Mme A.), 530.
Lacroix (A.), 159, 417, 561.
Lafont (Agasse), 191.
Lagrange, 353.
Lainé (E.), 287, 288.
Laisant (C.-A.), 318.
Lamecre (Aug.), **159** à **164**.
Landouzy (L.), 353, 490.
Lanessan (J. L. de), 31.
Langlois (J.-P.), **175** à **180**, 224, 416.
Lannois, 321.
Lanquine (Antonin), 319, 529.
Lapage (G.), 131.
Lapicque (L), 722.
Lasseur (Ph.), 160.
Laubeuf (M.), 590.
Launay (L. de), **238** à **241**.
Launoy (L.), 190.
Laurent, 129.
Lavanchy (Ch.), 490.
Laveran (A), 320.
Lebedinsky (W), 691.
Le Bel (A.), 225.
Lebeuf (A.), 62, **139** à **145**.
Le Brazidec (M.), 34.
Le Châtelier (H.), **363** à **367**, 594, 658.
Leclainche, 192.
Leclercq (J.), 353.
Lecornu (L.), 223, 253, 318, 626.
Le Dentu, 385.
Ledoux-Lebard, 691.
Leduc (A.), 191, 225, 287, 321, 450, 529.
Lees (Ch.-H.), 130, 452.
Léger (E.), 353, 530.
Legueu (F.), 353.
Lejeune (S.), 447.
Lelieuvre (M.), 30, 285, 526, 558.
Lemoine (G.), 490.
Lemoine (J). 594.
Lereboullet, 65.
Leroide (J.), 255.
Le Roy (G.-A.), 448, 721.
Lesage (P.), 626.
Le Sueur (H.-R.), 99.
Letulle (M.), 34.
Lewis (T.), 259.
Lewis (W. C. Mc C.), 689.
Lhériaud, 97.
Liais (L.), 129.
Lian (C.), 691.
Lignier (O.), 64.
Lignières (J.), 659, 691.
Lisbonne (M.), 491.
Lloyd (Mlle D. J.), 290.
Lloyd (L. L.), 164.
Loeb (J.), 255.
Loew (P.), 659.
Loewy (R.), 354.
Londe (A.), 30.
Lorentz (H.-A.), 196, 492.
Lorier (S.), 381.
Love (A.-E.-H.), 194.
Lubimenko (V.), 160, 287.
Lugeon (M.), 191, 226.
Lugol (P.), 32.
Lutsenburg-Maas (Mlle H. J. van), 660.
Lyman (Théodore), 318.
Lyon (Dorsey A.), 350.

M

Mac Auliffe (L.), 691.
Macbride (E.-W.), 659.
Mac Intosh (J.), 131.
Mac Lennan (J. C.), 563.
Mage (Mlle), 35.
Mahlke (A.), 689.
Mailhe (A.), **20** à **29**.
Maillart, 659.
Maille, 65.
Mairet (A.), 418.
Maldiney (J.), 529.
Malherbe (A.-H.), 692.
Mancini (E.), **146** à **148**.
Mangin (L.), 598.
Mansuy (H.), 319.
Maquenne (L.), 721.
Marage, 530, 562, 721.
Marbais (S.), 161, 162.
Marcille (R.), 64.
Marcolongo (R.), 526.
Margerie (Emm. de), 657.
Marie (A.), 450.
Marie (A. Pierre), 659, 691.
Marie (C.), 444.
Marie (P.), 161, 226, 354, 418.
Marinesco (G.), 65.
Martel (E. A.), 64, 722.
Martin (G.), 100.
Martin (L.), 65, 355.
Martinot-Lagarde (C.), 444.
Mathias (E.), 160, 167, 388.
Maurel (E.), 531, 562.
Maurer (P.), 484.
Maurin (Em.), 353, 531.
Mawson (Sir Douglas), 656.
Mazé (P.), 35, 64, 130, 159, 227, 417, 491.
Meilière, 353.
Ménard (M.), 129, 162, 257, 321.
Mendelssohn (M.), 192.
Mercier (R.), 659.
Merton (R.-T.), 228, 355, 452, 563.
Mesnil (F.), 723.
Meunier (St.), 352, 417.
Michaud (Félix), 66.
Michelon (E.), 659.
Milhaud (Georges), 253.
Minvieille, 226.
Mitchell (P. Chalmers), 446.
Mittag-Leffler (G.), **501** à **511**.
Molengraaff (G. A. F.), 492.
Molliard (M.), 191, 658.
Monaco (Albert de), 129.
Monod (Charles), 65, 490, 723.
Montessus de Ballore (F. de), 225.
Montpellier (J. A.), 485.
Moore (H.), 420.
Moreau (Fernand), 35, 258, 288.
Moreau (Mme F.), 288.
Morgagni (G. B.), 224.
Morrell (R. S.), 164.
Morton (W. B.), 355.
Mosny (E.), 288.
Mottram (J. C.), 63.
Mougin (P.), 719.
Mouliney (Gérald), 95.
Mourelo (J.-R.), 129, **391** à **403**, 560.
Moutier (A.), 593.
Muller (P.-Th.), 414.
Muntz (A.), 287, 288.
Murgoci (G.), 352.
Mysberg (W. A.), 596.

N

Nagaoka (H.), **570** à **575**.
Nageotte (J.), 98, 258, 289, 354, 450, 491, 723.
Nègres (L.), 659.
Netter (A.), 227, 449, 627, 658.
Nettleton (H. R.), 163.
Neuville (H.), 627, 692.
Newbery (E.), 67.
Nicholls (G. E.), 291.
Nicholson (J. W.), 260, 291, 452.
Nicolle (Ch.), 722.
Niox (Général), 624
Nitzberg, 724.
Notta, 98.
Nusbaumer (E.), 484.

O

Ocagne (M. d'), 691.
Oechsner de Coninck (W.), 722.
Oelsnitz, 192.
Olaru (D.), 160.
Olphe-Gaillard (G.), 625.
Onnes (H. K.), 160, 196, 324, 356, 368, 628.
Onslow (H.), 323.
Ornstein (L. S.), 323.
Orticoni (A.), 257, 354.
Os (Chr.-H. van), 627.
Oui (M.), 595.
Owen (D.), 67.

P

Parisot (J.), 226.
Parker (A.), 36.
Parhon (J.C.), 289, 354, 659.
Paris (E. Talbot), 292.
Pasteau (O.), 353.
Patel, 321.
Paterson (C.), 291.
Patterson (S.-W.) 131.
Paulian (D.-E.), 226, 289.
Pavillard, 226.
Peacock (D.-H.), 100.
Péchoutre (F.), **173** à **183**.
Peczalski (Th.), 417.
Pénaud (H.), 489.
Pereira de Sousa, 225, 448.
Périer (Ch.), 65.
Pérot (A.), 320.
Perreau (E.-F.), 560.
Perrier de la Bathie (H.), 129.
Perrot (Em.), **219** à **222**; 224, **130** à **135**.
Perrucci (P.), 449.
Pescher (J.), 561.
Petit (P.), 489.
Pétrovitch, 491, 531.
Phélip (A.), 489.
Philip (A.), 491.
Pictet (A.), 352.
Piédallu (A.), 129.
Piéron (H.), 418, 450.
Piettre (M.), 225.
Pinard (A.), 161, 321, 595, 723.
Pinoy (E.), 289.
Pittard (Eugène), 352, 384, **665** à **675**.
Plimmer (R.-H.-A.), 719.
Pogue (J. E.), 591.
Policard (A.), 130, 489.
Polonovski, 724.
Pontio (M.), 560.
Porak (R.), 692, 723.
Porter (A. W.), 292.
Portevin (A.), 225, 484, 561
Portier (P.), 594.
Portuondo (A.), **135** à **143**.
Potter (M. C.), 563.
Pouget (Ed.), 253.
Pouget (I.), 530.
Pougnet (J.), 65.
Pozerski (E.), 129.
Pozzi, 98.
Prenant (A.), **41** à **51**.
Prillieux (Ed.), 626.
Prins (Mlle Ada), 492.
Procopiu (St.), 658.
Przesmycky (A. M.), 162, 289.
Pugliese (A.), **612** à **617**.
Puiseux (P.), 188, **407** à **412**.

Pye (R.), 451.
Pyman (H. L.), 132.

Q

Quénu (E.), 98.

R

Rabaud (Et.), 161, 382.
Ramond (F.), 161.
Ranc (Albert), 62.
Rankine (O.), 228.
Ranse (de), 65.
Raphaël (Mlle A.), 593.
Raveau (C.), 120, 692.
Raveret-Wattel (C.), 189.
Raverot (E.), 448.
Ray (P.-Ch.), 67.
Rayner (E.-H.), 195, 387.
Rebière (G.), 289.
Régamey (R.), 34.
Regaud (Cl.), 594.
Regelsperger (Gustave), 37, 138, **331** à **339**, 351, 426, 625.
Reinders (W.), 324, 627.
Rémond, 226.
Renaud (J.), 630.
Retterer (Ed.), 65, 98, 354, 385, 450, 531, 627, 659, 692, 723.
Reverchon (L.), **149** à **154**.
Révil (Joseph), 62, **306** à **317**.
Rhead (A.-V.), 36.
Rice (F.-O.), 131.
Richardson (H.), 451.
Richardson (S.-W.), 285, 563.
Riche (Mlle V.), 627.
Richet (Ch.), 561.
Richet fils (Ch.), 595.
Rivier, 128.
Rivière (G.), 627.
Robin (Albert), 35.
Robinson (Mlle G.-M.), 68.
Rocha (A. d'Almeida), 354.
Rodhain (J.), 562.
Rodiet (A.), 530.
Roger (H.), 288.
Romburgh (P. van), 388, 596.
Ronchise, 192.
Rosenblith (Dr), 595.
Rostaing (Marcel), 33.
Rothé (E.), 349.
Rothschild (M.-A.), 259.
Roubaud (E.), 227, 384, 562.
Rouchelmann (Mlle N.), 384, 594.
Roule (Louis), 69, 160, 189, 490, 658.
Roussel (L.), 659.
Roussy (G.), 258, 354.
Routier (D.), 450.
Rowett (F.-E.), 290.
Rule (Al.), 100.
Russell (A.), 163.
Rutherford (Ern.), **198** à **504**.
Rynberk (G. van), 324.

S

Sacquépée (E.), 450, 659.
Sageret (Jules), 155.
Saillard (Em.), 191, 225.
Sainton (Paul), 34, 65.
Salet, 384.
Salimbeni, 65.
Salkind (J.), 491.
Salomonson (J.-K.-A. Wertheim), 387.
Saltmarsh (Mlle M.), 356.
Sandberg (C.-G.-S.), 596.
Saphores (J.), 689.
Sarrailhé (A.), 595.
Sartory (A.), 160, 192.
Sauvageau (C.), 257.
Savigni (Mme Th.), 354.
Savigni (E.), 354.
Schäer, 98.
Scheffer (F.-E.-G.), 324, 388, 628.
Schiller (J.), 385, 531.
Schoeller (W.-R.), 100.
Schreinemakers (F.-A.-H.), 356, 492, 596, 627.
Schurr (J.), 227.
Scott (E.-K.), 164.
Séguin (P.), 627.
Sélys-Longchamps (M. de), 320.
Sémichon (L.), 320.
Sergent (Edm.), 659.
Seurat (L.-G.), 34.
Seyewetz (A.), 253.
Shaw (P.-E.), 260.
Siertsema (L.-H.), 564.
Silberstein (L.), 194.
Siméon (F.), 292.
Simonin (P.), 226.
Sitter (W. de), 491, 595.
Sizes (G.), 721.
Sjœstedt (Y.), **85** à **90**.
Skinner (S.), 563.
Skossarewsky (M.), 34.
Sluiter (C. H.), 388.
Smid (Mlle E.-J.), 628.
Smit (J.), 196.
Smith (G.), 194.
Smith (J. Russell), 381.
Smith (S.-W.-J.), 195.
Smith (T.), 164.
Smits (A.), 324, 388, 596, 628.
Smull (J.-G.), 323.
Sollier (P.), 418.
Sommelet (M.), 228.
Souriau (Paul), 32.
Spallanzani (L.), 224.
Sparre (de), 256.
Spek (Jac. van der), 492.
Spencer (L.-J.), 624.
Spillmann (L.), 160, 192.
Squier (G.-O.), 532.
Stassano (H.), 448.
Steinhardt-Harde (Mlle E.), 129.
Steven (A.-I.), 195.
Stevens (H.-P.), 387.
Stevenson (A.), **181** à **186**.
Stock (E.), **169** à **173**, 627.
Stok (J.-P. van der), 195, 627, 628.
Strutt (R.-J.), 130, 355, 387.
Stuart Menteath (P.-W.), 594.
Swinton (A.-C.), 195.
Swyngedauw (R.), 350.

T

Taranzano (Le P. Ch.), 559.
Taylor (F.-W.), 223.
Témoin, 129.
Tetrode (H.), 492.
Thoinot, 321.
Thompson (S.-E.), 223.
Thompson (S.-P.), 195, 285, 356.
Thompson (W.-R.), 98, 227.
Thomson (Sir J.-J.), 532.
Thorpe (Sir Edward), 558.
Tiffeneau (M.), 34, 67, 97, 489.
Tilanus, 98.
Tissot (J.), 562.
Tixier (L.), 385.
Tizzoni (G.), 256, 449.
Toch (M.), 452.
Topley (W.-C.), 194.
Torresy Quevedo (L.), **601** à **611**.
Towers (A.-E.), 291.
Trémolières (F.), 659.
Trignart (A.), 62.
Trillat (A.), 128.
Troisier (J.), 450, 723.
Trouard-Riolle (Mlle Yvonne), 488.
Trouessart (E.), 528.
Trudelle (V.), 126.
Tschernjaeff (I.), 721.
Tschugaeff (L.), 449, 691, 721.
Tucker (W.-S.), 355.
Tuffier (Th.), 418, 562, 595, 659.
Turner (J.), 420.
Turner (W.-E.-S.), 444.
Turpain (A.), 227.
Tutton (A.-E.-H.), 563.
Tyrer (D.), 67.

U

Uven (J. van), 195.

V

Vaillant (E.), 320.
Vaillant (P.), 593.
Vallée, 192.
Vallier (E.), **297** à **299**.
Vallot (J.), 287, 530.
Vaquez (H.), 257.
Vasseur (Gaston), 626.
Vasticar (E.), 490, 722.
Vayssière (P.), **51** à **60**.
Vennin (L.), 189.
Vermeulen (H.-A.), 388.
Véronnet (Alex.), 187.
Vézien (L.), 690.
Vichniak (J.), **300** à **305**.
Vidal (E.), 449.
Ville (J.), 450.
Vincent (H.), 225, 287, 531, 560.
Violle (H.), 450.
Vithers (J.-Ch.), 99.
Vogt (E.), 224.
Voigt (W. 627.
Vries (Jan de), 387, 388, 491, 564, 595, 627.
Vuillemin (P.), 500, 561, 562, 658.

W

Walker (G.), 162.
Wallerant (F.), 658.
Wallich (V.), 529.
Walpole (G.-S.), 163.
Weill-Hallé (B.), 33, 128, 225
Weill-Hallé (E.), 192.
Walton (A.-J.), 259.
Weber (Sophus), 628.
Weermann (R.-A.), 492.
Weinberg (M.), 35, 191, 416, 627.
Weismann (R.), 491.
Weiss (P.), 628.
Weissenbach (R.-J.), 692.
Weizmann (Ch.), 100.
Welsch (J.), 594.
Welter (E.), 562.
Wensink (Mlle D.-W.), 388.
Werner (E.-A.), 100.
Wheeler (R.-V.), 68.
Wichmann (A.), 196, 628.
Widal (F.), 257, 531.
Wildeboer (N.), 195.
Willem (Victor), 293, **539** à **543**.
Williams (Adolfo T.), 590.
Wilson (E.), 420.
Winkler (C.), 387.
Wiszniewska (Mlle J.), 721.
Wladimiroff (N.), 449.
Wolff (J.), 384, 594.
Wolff (L.-K.), 196.
Wolff (S.), 492, 596.
Wollman (E.), 354.
Woltjer Jr. (J.), 596.
Wood (A.-B.), 195.
Woodcock (H.-M.), 131.
Woude (W. van der), 564.

Y

Yamanouchi, 35.
Yates (H.-J.), 291.

Z

Zeeman (P.), 196, 627, 628, 658.
Zernike (F.), 323, 356.
Ziller, 489.
Zolla (D.), **116** à **125**, **278** à **280**.
Zunz (Ed.), 35, 531, 532.
Zwaardemaker (H.), 596.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

MBL WHOI Library - Serials
5 WHSE 02321